



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GHB	RZ	0090	00	Stand: 07.12.2015

Titel der Unterlage:
**ERGEBNISBERICHT - BOHRLOCHRADARMESSUNGEN DER ERKUNDUNGSBOHRUNG B 7/750-B4
 AUF DER 750-M-SOHL E IM HANGENDEN DES PFEILERS ZWISCHEN EINLAGERUNGSKAMMER
 7/750 UND EINLAGERUNGSKAMMER 11/750 - RICHTUNGSSENSITIVES 3D-BOHRLOCHRADAR**

Ersteller:
ASSE-GMBH/DMT GMBH & CO. KG

Stempelfeld:

bergrechtlich verantwortliche Person:	atomrechtlich verantwortliche Person:	Projektleitung:	Freigabe zur Anwendung:
---------------------------------------	---------------------------------------	-----------------	-------------------------

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Revisionsblatt

B 2902687

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GHB	RZ	0090	00	Stand: 07.12.2015

Titel der Unterlage:

ERGEBNISBERICHT - BOHRLOCHRADARMESSUNGEN DER ERKUNDUNGSBOHRUNG B 7/750-B4 AUF DER 750-M-SOHLLE IM HANGENDEN DES PFEILERS ZWISCHEN EINLAGERUNGSKAMMER 7/750 UND EINLAGERUNGSKAMMER 11/750 - RICHTUNGSSENSITIVES 3D-BOHRLOCHRADAR

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



PT055090

ASSE

Stand: 07.12.2015

Blatt: 1

DECKBLATT

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

Kurztitel der Unterlage:

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Ersteller / Unterschrift:

DMT GmbH & Co. KG

Prüfer / Unterschrift:

Titel der Unterlage:

Ergebnisbericht

**Bohrlochradarmessungen
der Erkundungsbohrung B 7/750-B4
auf der 750-m-Sohle
im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750
und Einlagerungskammer 11/750**

Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Freigabevermerk:

Freigabedurchlauf

Fachbereich:
Technische Planung

Stabsstelle Qualitätsmanagement:

Endfreigabe:
Geschäftsführung Asse-GmbH

Unterschrift

Unterschrift

Unterschrift

REVISIONSBLATT

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00


Kurztitel der Unterlage:

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung
B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwortl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	07.12.2015	T-PF		-	Ersterstellung

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung.
Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00




Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 3
---	----------

Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt.....	1
Revisionsblatt.....	2a
Inhaltsverzeichnis	3
Freigabeblatt.....	6
1 Einleitung	7
2 Begriffe und Abkürzungen.....	7
2.1 Begriffe.....	7
2.2 Abkürzungen	8
3 Richtungssensitive 3D-Bohrlochradarmessungen	9
3.1 Messprinzip	9
3.2 Informationen zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4	9
3.3 Durchführung der Messungen.....	9
3.3.1 Messaufbau.....	9
3.3.2 Messablauf.....	10
3.4 Qualitätskontrolle.....	10
4 Bearbeitung und Auswertung der Messdaten	10
4.1 Auswahl der Messdaten.....	10
4.2 Bearbeitung der Messdaten	11
4.3 Lagerrichtige Darstellung (Migration)	11
4.4 Winkelgenauigkeit.....	11
4.5 Abschätzung zum Toleranzbereich der Messwerte	12
5 Ergebnisse	14
5.1 Ergebnis-Übersicht.....	14
5.2 2D-Darstellung der Ergebnisse	17
5.2.1 2D-Darstellung in richtungskodierten Profilschnitten.....	17
5.2.2 Ergebnisse aus den richtungskodierten Profilschnitten.....	17
5.2.3 Winkeldarstellung mit Hilfe von Polardiagrammen	18
5.2.4 Detaillierte 2D-Darstellung der Reflektoren.....	20
5.3 3D-Visualisierung der Ergebnisse	30
5.3.1 3D-Ansicht von Reflektoren aus dem Hangenden	31
5.3.2 3D-Ansicht von Reflektoren aus dem Bereich der Einlagerungskammer 11/750	32
5.3.3 3D-Ansicht von Reflektoren der Kammerzugänge und Richtstrecken auf der 750-m-Sohle	32
5.3.4 3D-Ansicht von Reflektoren des Verschlussbauwerks und der Einlagerungskammer 7/750	33
5.3.5 3D-Ansicht von Reflektoren aus dem Pfeiler und der Schweben.....	34
6 Zusammenfassung der Ergebnisse	36
7 Mitgeltende Dokumente	37
8 Literaturverzeichnis	37

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00	



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 4
---	-----------------

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Drehmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	38
---	----


Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der Drehmessungen DRA und DRB (zentriert)	39
---	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aus richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarmessdaten ermittelte Einfallswinkel (rot, rechte Achse) für eine Beispielreflexion (schwarz, linke Achse)	12
Abbildung 2: Bestimmung des lateralen Lagefehlers infolge einer Winkelunsicherheit von 10°	13
Abbildung 3: Übersicht der ausgewerteten Reflektoren ermittelt mit den Messungen der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde in Erkundungsbohrung B 7/750-B4	14
Abbildung 4: Richtungskodiertes Radargramm	15
Abbildung 5: Richtung der Reflektoren in Abhängigkeit von der Entfernung (Entfernungsbereich bis 20,00 m)	19
Abbildung 6: Richtung der Reflektoren in Abhängigkeit von der Entfernung (Entfernungsbereich 20,00 m bis 70,00 m)	20
Abbildung 7: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Hangenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	21
Abbildung 8: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Hangenden links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	22
Abbildung 9: 2D-Darstellung der Reflektoren von links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	23
Abbildung 10: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Liegenden links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	24
Abbildung 11: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	25
Abbildung 12: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Liegenden rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	27
Abbildung 13: 2D-Darstellung der Strukturen rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	28
Abbildung 14: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Hangenden rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4	29
Abbildung 15: 3D-Skizze des Grubengebäudes um Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Blick von Nord-Nordost	30
Abbildung 16: 3D-Ansicht der Reflektoren aus dem Hangenden. Blick von Nord-Ost	31
Abbildung 17: 3D-Ansicht der Reflektoren von Einlagerungskammer 11/750. Blick von Nord-West	32
Abbildung 18: 3D-Ansicht der Reflektoren der Kammerzugänge und Richtstrecken der 750-m-Sohle. Blick von Nord-Ost	33
Abbildung 19: 3D-Ansicht der Reflektoren von Einlagerungskammer 7/750. Blick von Nord-Ost	34
Abbildung 20: 3D-Ansicht der Reflektoren im Pfeiler bzw. aus dem Bereich der Schwebe. Blick von Nord-Ost	35
Abbildung 21: Ergebnisse der Drehmessung DRA bei 33,00 m (zentriert)	38
Abbildung 22: Ergebnisse der Drehmessung DRB bei 13,00 m (zentriert)	39
Anzahl der Blätter dieses Dokumentes	40

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00




Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 5
---	----------

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1: 2D-Darstellung der ausgewerteten Reflektoren im Radargramm (migriert)..... 1 Seite
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/TC/0024/00
- Anlage 2: 2D-Darstellung des richtungskodierten Radargramms (unmigriert) 1 Seite
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/TC/0025/00
- Anlage 3: Ebener Schnitt durch das Grubengebäude mit den Radargrammen aus
Messungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (vertikale
Richtungen)..... 1 Seite
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/TC/0026/00
- Anlage 4: Ebener Schnitt durch das Grubengebäude mit den Radargrammen aus
Messungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (horizontale
Richtungen)..... 1 Seite
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/TC/0027/00

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 6
--	-----------------



DMT GmbH & Co. KG
 Geo Engineering & Exploration
 Am Technologiepark 1, 45307 Essen
 Tel. +49 201 172-1979
 Fax +49 201 172-1971
 www.dmt-group.com

Bearbeiter / Ersteller:

eigenhändige Unterschrift

Essen, 07.12.2015

Freigabe:

eigenhändige Unterschrift

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00
Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar						Blatt: 7

1 Einleitung

Im Rahmen der Faktenerhebung in der Schachanlage Asse II wurden von der Firma DMT GmbH & Co. KG (im Weiteren DMT genannt) geophysikalische Untersuchungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar durchgeführt. Die Messungen erfolgten in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4.

Ziel der Messungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar ist die Erkundung des Zustands des Pfeilers zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750, sowie die Erkundung des Zustands der Schweben zwischen Einlagerungskammer 7/750 und dem Abbau 8/725. Daneben sollten sowohl der seitliche zur Erkundungsbohrung B7/750-B4 verlaufende Stoß der Einlagerungskammer 7/750 und der Stoß der Einlagerungskammer 11/750 lokalisiert werden. Zudem sollten Aussagen über mögliche Reflexionen von Radarwellen aus dem Inneren der Einlagerungskammer 7/750 getroffen werden. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarerkundung in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zusammenfassend vorgestellt.

2 Begriffe und Abkürzungen

2.1 Begriffe

Amplitude

Maximalwert einer sich periodisch ändernden physikalischen Größe (einer Schwingung) während einer Periode – hier die sich ändernde Größe des elektrischen beziehungsweise magnetischen Feldes der von der Radarsonde ausgesandten elektromagnetischen Wellen.

Ansatzpunkt / Bohrlochmund Diffraktion

Ausgangspunkt der Bohrung.

Ablenkung/Streuung von Wellen an einem Hindernis – hier: die Streuung der von der Radarsonde ausgesandten elektromagnetischen Signale an Objekten und Veränderungen im Salzgestein.

Kluft

Ein durch mechanische/tektonische Beanspruchung oder diagenetische Vorgänge entstandener Riss oder Spalt in einem Gesteinskörper.

Migration

Datenbearbeitungsschritt, um die bei der Messung aufgezeichneten Reflexionen in lagerichtig dargestellte Reflektoren zu transferieren.

Radargramm

Optische Darstellung der mit der Radarsonde aufgezeichneten Messdaten. Durch die Aneinanderreihung einzelner, direkt hintereinander gemessener Datenspuren entsteht quasi ein „Abbild“ des Untergrundes.

Reflektor


Struktur oder Objekt, an welchem die Radarsignale reflektiert und von der Empfangsantenne wieder aufgezeichnet werden. Reflektoren werden im Rahmen der Bearbeitung der Messdaten durch Migration aus den aufgezeichneten Reflexionen gewonnen. Im Gegensatz zur Reflexion wird ein Reflektor lagerichtig bezüglich des Messsystems dargestellt (Kapitel 4.3).

Reflexion

Ein von der Empfangsantenne der Radarsonde aufgezeichnetes Signal, welches an Strukturen oder Objekten im umliegenden Salzgestein reflektiert wurde. Reflexionen werden bedingt durch die laufzeitabhängige Registrierung der Signale im Allgemeinen nicht lagerichtig bezüglich des Messsystems dargestellt (Kapitel 4.3).

Standrohr

Vorrichtung zur druckfesten Verbindung zwischen Preventer und Gebirge.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.	
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00	

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 8
---	----------

**Teufe, Bohr-,
End-, Bohrloch-**

Bergmännische Bezeichnung für die Tiefe. Die Teufe gibt an, wie tief ein Punkt unter Tage unter einem definierten Referenzpunkt auf der Oberfläche liegt. Im vorliegenden Fall bezeichnet die Teufe den Abstand vom Bohrlochmund zu einem variablen Punkt.

Versatzmaterial

Material, mit dem die Hohlräume eines Bergwerks zur Stabilisierung verfüllt werden.

2.2 Abkürzungen

B 7/750-B1

Erkundungsbohrung B 7/750-B1 in Richtung ELK 7/750

B 7/750-B1.2

Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 in Richtung ELK 7/750


B 7/750-B4

Erkundungsbohrung B 7/750-B4 in Richtung Pfeiler zwischen Einlagerungskammer 7/750 und 11/750

ns

Nanosekunde

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNA	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 9
---	----------

3 Richtungssensitive 3D-Bohrlochradarmessungen

3.1 Messprinzip

Das Georadar ist ein zerstörungsfreies Messverfahren zur Erkundung des Untergrundes unter Verwendung von hochfrequenten elektromagnetischen Wellen. Radarantennen übertragen elektromagnetische Wellensignale in den Untergrund. Signale, die an Materialänderungen, Inhomogenitäten oder Unstetigkeiten im Untergrund reflektiert und zum Messsystem zurück gestrahlt werden, werden mittels Empfangsantennen registriert und zur weiteren Auswertung digital gespeichert. Eine detaillierte Beschreibung des Radarverfahrens sowie eine Dokumentation der im Rahmen dieser Untersuchung eingesetzten, richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde von der Firma DMT können /1/ entnommen werden.

3.2 Informationen zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Der Bohransatzpunkt der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet sich auf der 750-m-Sohle vor der Einlagerungskammer 7/750. Die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurde von der Einlagerungskammer 7/750 ansteigend in den Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 gestoßen und besitzt eine Endteufe von 43,00 m. Der nominale Durchmesser der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 beträgt mindestens 98,40 mm. Bedingt durch den Vortriebsmechanismus ergeben sich an manchen Stellen entlang der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 Bereiche mit größerem Bohrl Lochdurchmesser. Der Steigungswinkel der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 beträgt etwa 8°.

Aus sicherheitstechnischen Gründen erfolgten die Erkundungsmessungen über einen Preventerstack, der der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 über ein in der Bohrung eingebrachtes Standrohr und einen Flansch vorangesetzt ist. Der Arbeitsbereich für die Erkundungsmessungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar lag innerhalb eines abgetrennten Einhausungsbereichs.

3.3 Durchführung der Messungen


Die Messausrüstung des 3D-Bohrlochradars der DMT wurde am 11.08.2015 an der SchachanlageASSE II angeliefert. Hier erfolgten die Eingangskontrolle des Messsystems und der Transport nach Untertage. Die Messungen mit dem System in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden am 11. und 12.08.2015 durchgeführt. Nach Abschluss der Messungen wurde die Messausrüstung für den weiteren Transport vorbereitet. Die Ausrüstung wurde am 13.08.2015 nach Übertage transportiert und nach erfolgter Ausgangskontrolle zur Abholung freigegeben.

3.3.1 Messaufbau

Für die Erkundung wurde das Modell „85“ der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde, das Signale mit einer Mittenfrequenz von 250 MHz verwendet, eingesetzt. Die einzelnen Teilelemente der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde wurden im Einhausungsbereich zusammengesetzt und durch den offenen Preventerstack in die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 eingeführt. Über einen Adapter wurde die richtungssensitive 3D-Bohrlochradarsonde mit dem auf der SchachanlageASSE II vorhandenem Bohrgestänge verbunden. Dies ermöglichte zum einen das entfernungsgenaue Verfahren der Sonde in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Zum anderen konnten die Messungen bei geschlossenem Preventerstack durchgeführt werden, was den sicherheitstechnischen Anforderungen für Arbeiten in Bereichen mit radioaktiven und chemischen Gefahrenstoffen genügte.

Als räumlicher Bezugspunkt für Entfernungsangaben, also dem „Nullpunkt aller Teufenangaben“, wurde im Rahmen dieser Messung das Standrohr der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 festgelegt. Die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurde bis zur Endteufe von 43,00 m mit der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde befahren. Um ein Aufliegen der Sonde in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und damit eine richtungsabhängige Ankopplung der Antennen an das umliegende Salzgestein zu vermeiden, wurden sowohl am Gestänge als auch an Teilen der Antennen entsprechende Abstandhalter montiert, welche die Sonde in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zentrierten.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 10
---	-----------

3.3.2 Messablauf

Der System-Bezugspunkt der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde befindet sich zwischen der Sende- und Empfangsantenne. Bei dem 250 MHz-System befindet sich dieser in der Sonde selbst, in einem Abstand von etwa 1,75 m von der Sondenspitze entfernt. Die Länge und der Verlauf des Messprofils werden durch die Lage des Standrohrs und durch das Ende der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 bestimmt. Messdaten konnten folglich in einem Teufenbereich von 3,25 m bis 41,25 m aufgezeichnet werden. Es wurde ein Messpunktabstand von 5,00 cm (= 0,05 m) gewählt, um eine hohe Datenüberdeckung und folglich ein möglichst hohes laterales Auflösungsvermögen erzielen zu können.

Zur Optimierung des Signal-Rausch-Verhältnisses wurden die Messsignale an jedem Messpunkt bis zu 1.024-mal gestapelt. Durch dieses Aufsummieren der Amplituden der einzelnen Messungen wurden die Nutzsignale gegenüber zeitlich variierenden Störsignalen hervorgehoben. Darüber hinaus wurden die registrierten Signale mit einem Faktor von bis zu 44 dB verstärkt, um dem entfernungsbedingten Abklingen der Amplituden entgegenzuwirken. Eine hohe Datenqualität und ein geringer Anteil an Störsignalen ermöglichte eine hohe Genauigkeit bei der späteren Berechnung der Einfallswinkel der Reflexionen.

Mit einem in der Sonde integrierten Lagesensor wurde zudem der Rollwinkel der Sonde an jedem Messpunkt aufgezeichnet, um daraus im nachfolgenden Datenbearbeitungsprozess die Einfallrichtung der in den Messdaten registrierten Reflexionen genau bestimmen zu können.

3.4 Qualitätskontrolle

Bereits während der Messung wurden die Messdaten einer umfassenden Qualitätskontrolle unterzogen. Beispielsweise wurden regelmäßig die Rollwinkel der Sonde kontrolliert, da sie für eine räumliche Lagebestimmung der Reflexionen benötigt werden. Die Teufenposition der Sonde wurde mit dem Teufenzähler der Bohrmaschine dokumentiert.

Zur Qualitätsüberprüfung erfolgte zudem eine fortlaufende visuelle Sichtung der Messdaten. Bei Bedarf wurde eine Änderung der Verstärkungseinstellungen vorgenommen, um eine möglichst hohe Datenqualität zu erzielen. Die Messdaten wurden in regelmäßigen Abständen auf einem Speichermedium gesichert. Zusätzlich zur eigentlichen Profilmessung wurden an zwei Stationen Drehmessungen zur Kontrolle der Winkelgenauigkeit durchgeführt. Eine Beschreibung und Auswertung der Drehmessungen findet sich in Anhang 1.

4 Bearbeitung und Auswertung der Messdaten


Nach Abschluss der Datenakquisition Untertage wurden die Messdaten der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarmessung am PC einer umfassenden Bearbeitung und Auswertung unterzogen. Es wurden dabei die Programme ReflexW (Sandmeier Scientific Software) und EMR (DMT) verwendet.

4.1 Auswahl der Messdaten

Im Rahmen der Datenbearbeitung wurde festgestellt, dass mit der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarmessung eine Vielzahl an Reflexionen detektiert und registriert werden konnte. Reflexionen wurden bis zu einer Laufzeit von 1.600 ns (bis in etwa 100,00 m Entfernung vom jeweiligen Messpunkt) registriert. Mit Fokus auf die Zielstellung dieser Erkundungsmaßnahme (siehe Kapitel 1) wurde die weitere Auswertung auf den interessierenden Bereich um die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 herum begrenzt.

Dieser Bereich ist nach Osten durch den Stoß der Einlagerungskammer 11/750 definiert, der einen Abstand von maximal etwa 18,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 aufweist. Nach Westen umfasst das interessierende Volumen theoretisch den gesamten Kammerbereich, der sich einem Abstand von bis zu 70,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet. Im Hangenden sowie im Liegenden werden Strukturen jeweils bis zur oberhalb bzw. unterhalb liegenden Sohle untersucht. Die Sohle des Abbau 8/725 befindet sich im Hangenden in einem Abstand von maximal 13,00 m zur

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 11
---	-----------

Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Im Liegenden befindet sich das Firstniveau der Einlagerungskammern und Abbaue der 775-m-Sohle in einem Abstand von bis zu 26,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Bei der im Folgenden beschriebenen Auswertung wurde dieser Bereich um weitere, markante Strukturen in größerem Abstand zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 ergänzt.

4.2 Bearbeitung der Messdaten

Die Datenspuren enthielten neben den registrierten Reflexionen wesentliche Informationen der Messungen, wie z. B. den Rollwinkel der Sonde. Die registrierten Einzelspuren wurden im Rahmen der Datenbearbeitung zunächst zu einem Messprofil entlang der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zusammengeführt, so dass für jede Komponente des Systems ein Datensatz vorlag.

Im Rahmen der Datenaufbereitung wurden folgende Bearbeitungsschritte durchgeführt:

- Nullpunktkorrektur
- Frequenzfilterung
- Laufzeitkorrektur
- Verstärkungsausgleich

Nach der Aufbereitung der Radardaten wurden die Datenspuren weiter ausgewertet. Die verschiedenen Signalamplituden der Einzelspuren wurden zunächst korreliert; das heißt in einen Zusammenhang mit benachbarten Spuren gebracht. Signalamplituden, die über mehrere Einzelspuren hinweg eine ähnliche Form aufwiesen, deuteten auf bestimmte Radarsignale (Reflexionen) hin, die an Schichtgrenzen oder Objekten im Raum reflektiert wurden.

Die erkennbaren Reflexionen wurden anschließend digital mit einer Bearbeitungssoftware markiert („gepickt“) und Entfernung und Einfallswinkel bezüglich des jeweiligen Messpunktes gespeichert. An jedem einzelnen Messpunkt lag ein Wertepaar über die Entfernung der Reflexion zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und dem Einfallswinkel vor.

4.3 Lagerichtige Darstellung (Migration)

Bedingt durch die Antennengeometrie und Abstrahlcharakteristik der Radarantennen und die laufzeitabhängige Registrierung der Messsignale werden die in den Rohmessdaten erfassten Reflexionen im Allgemeinen nicht lagerichtig bezüglich ihres Messpunktes dargestellt. Diese Abbildungsfehler wurden im Rahmen der Erkundung der Einlagerungskammer 7/750 durch spezielle Datenbearbeitungsschritte (sogenannte Migration) korrigiert, um die korrekte räumliche Lage der Reflektoren abzubilden. Nach der Migration zeigen die Reflektoren somit Orte, an denen sich Objekte, Einhausungen, Schichtgrenzen, etc. befinden können.

Nach dem Prozess der Migration wurden die azimutalen Einfallswinkel der Reflexionen den zugehörigen Reflektoren zugeordnet. Mittels des Winkels und des Abstands der einzelnen Reflektorpunkte bezüglich ihrer Messpunkte wurde abschließend die Lage der Reflektoren im dreidimensionalen Raum ermittelt und dargestellt. Grundlage dieser 3D-Berechnungen bildeten die Rollwinkel der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde, sowie die 3D-Koordinaten des Bohrlochverlaufs. Für jeden erfassten Reflektor wurden die ermittelten Raumkoordinaten in Tabellenform im ASCII-Format dokumentiert.

4.4 Winkelgenauigkeit

Abbildung 1 zeigt beispielhaft an einer ausgewählten Reflexion die Bestimmung der Einfallswinkel. Der Abstandswert der Reflexion ist in schwarzer Farbe dargestellt (linke Ordinate). Die für die einzelnen Messpunkte dieser Reflexion berechneten Winkelwerte sind rot dargestellt (rechte Ordinate). Der Verlauf des Einfallswinkels über die Bohrlochteufe zeigt geringfügige Schwankungen um einen Mittelwert, welcher in Abbildung 1 als violette Raute markiert ist. Schwankungen des Reflexionswinkels resultieren neben der messbedingten Toleranz in der Erfassung der Einfallswinkel

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.	ASSE
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00	

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 12
---	-----------

der Reflexionen insbesondere aus der tatsächlichen Änderung des Einfallswinkels bedingt durch die räumlichen Ausdehnung und die „Rauigkeit“ der detektierten Strukturen.

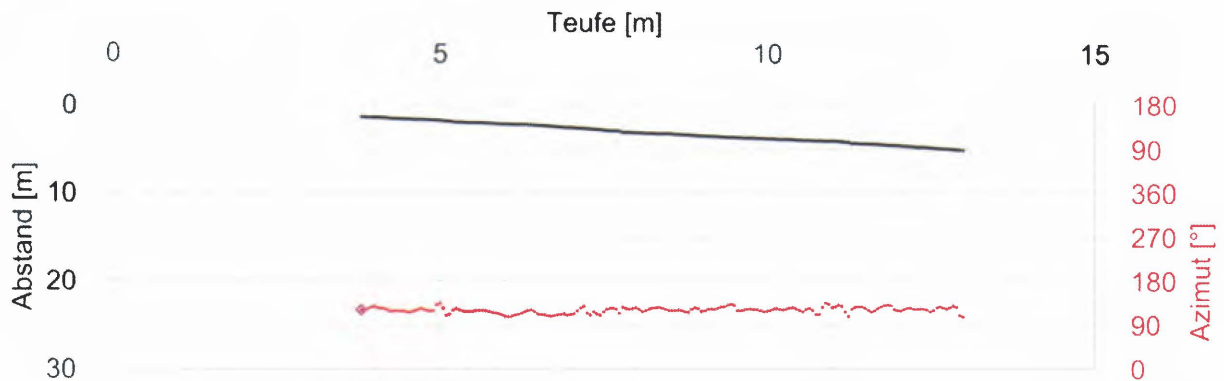


Abbildung 1: Aus richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarmessdaten ermittelte Einfallswinkel (rot, rechte Achse) für eine Beispielreflexion (schwarz, linke Achse)


Um generell eine hohe Winkelgenauigkeit zu erzielen, wurde die Bestimmung der Winkelinformation einer Reflexion vorrangig in denjenigen Teilbereichen durchgeführt, die eindeutig dieser einen Reflexion zuzuordnen waren. Die Genauigkeit der berechneten Einfallswinkel hängt prinzipiell von der Datenqualität ab. Zum einen werden die Daten durch die Geologie und die Rahmenbedingungen bei der Messdurchführung beeinflusst. Zum anderen wirkt sich die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Reflexionen untereinander auf die Genauigkeit aus. Kreuzen sich zum Beispiel Reflexionen, kommt es zu einer Überlagerung der Signalamplituden, einer sogenannten Interferenz. Die Richtung, aus der das amplitudenstärkste Signal eintrifft, wird die Darstellung und somit die Auswertung dominieren. Die amplitudenschwächeren Signale aus anderen Richtungen werden dagegen in den Ergebnissen verdeckt und eine Zuordnung der amplitudenschwachen Reflexionen zu bestimmten Strukturen ist nicht mehr eindeutig möglich. Aus diesem Grund erfolgte eine Auswahl der Teilbereiche, in denen die Einfallswinkel der Reflexionen bestimmt wurde.

Für die Bestimmung der Einfallswinkel wurde der arithmetische Mittelwert der Einzelwinkel in ausgewählten Teufenabschnitten der betreffenden Reflexionen herangezogen. Jeder Reflexion wurde zusätzlich mit einem Index für die Signifikanz versehen. Dieser Index gibt mit einer dreistufigen Einteilung an, mit welcher „Deutlichkeit“ ein Einfallswinkel bestimmt werden konnte. Dabei bedeutet der Wert „1“, dass ein Einfallswinkel sehr exakt bestimmt werden konnte die genaueste Stufe und der Wert „3“ einen eher unsicheren Winkel. Die 3 Einstufungen sind werden aus Erfahrungswerten ermittelt. Sie werden bei der Interpretation der Ergebnisse als Parameter der Aussagesicherheit der einzelnen Winkel verwendet.

4.5 Abschätzung zum Toleranzbereich der Messwerte

Für die Bestimmung des Einfallswinkels der Reflexionen wurde eine mittlere Unsicherheit von etwa 10° (entspricht etwa 3%) abgeschätzt. Die Ergebnisse der Drehmessungen in Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (Anhang 1) bestätigen diese Annahme. Für den Stoß der Einlagerungskammer 7/750, der sich in etwa 10,00 m Entfernung von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet, ergibt sich somit eine Toleranz in der Lagebestimmung von etwa 1,70 m. Für weiter entfernte Reflektoren vergrößert sich die Lagetoleranz entsprechend (Abbildung 2).

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev
NAAA	NNNNNNNNNN	NAAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Blatt: 13

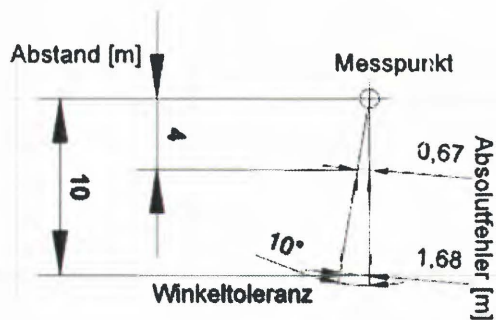



Abbildung 2: Bestimmung des lateralen Lagefehlers infolge einer Winkelunsicherheit von 10°

Maßgeblich für die Bestimmung der Entfernung von Objekten mit dem Radarverfahren ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Signale im untersuchten Medium. Für die Untersuchungen im Steinsalz des Salzstocks der Schachanlage Asse II wurde der allgemein gültige Geschwindigkeitswert von 0,124 m/ns verwendet, welcher für das Steinsalz der Zechsteinfohle als weitgehend konstant angenommen werden kann [1]. Die Ungenauigkeit der Bestimmung der Entfernung setzt sich zusammen aus der Ungenauigkeit der verwendeten Geschwindigkeit und den statistischen Fehlern bei der subjektiv beeinflussten, manuell durchgeführten Markierung der Reflexionen mit der Auswertesoftware. Die maximale Abweichung der Entfernung wird mit 5% abgeschätzt. Alle Teufenangaben der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden mit Hilfe des Teufenzählers der Bohrmaschine ermittelt. Eine Angabe zur Genauigkeit dieses Zählers lag nicht vor.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00	

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar
 Blatt: 14

5 Ergebnisse

5.1 Ergebnis-Übersicht

Abbildung 3 zeigt die Messdaten der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarerkundung in Graustufen-Darstellung. Die Messdaten sind migriert. Eine vergrößerte Darstellung von Abbildung 3 ist in Anlage 1 einzusehen. Schwarze und weiße Bereiche entsprechen Radarsignalen mit hoher Reflexionsamplitude. Eine derartige Darstellung wird als Radargramm bezeichnet und liefert einen Überblick über die registrierten Reflektoren. Insgesamt wurden in dem ausgewählten Auswertungsbereich 51 Reflektoren ausgewertet. Alle ausgewerteten Reflektoren sind in Abbildung 3 grün markiert und als Referenz für die weitere Auswertung mit einer fortlaufenden Nummerierung gekennzeichnet.

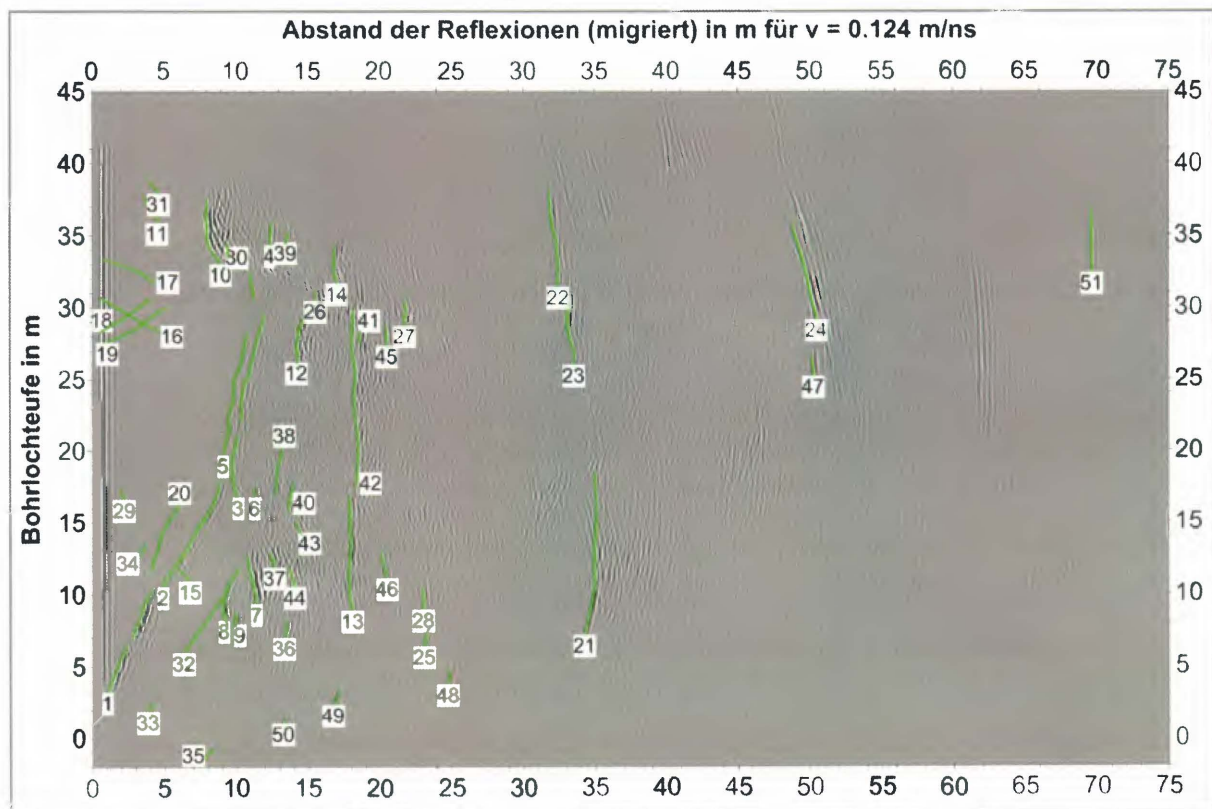


Abbildung 3: Übersicht der ausgewerteten Reflektoren ermittelt mit den Messungen der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde in Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Diese zweidimensionale Darstellung entspricht dem Endergebnis, das aus einer Bohrlochradarerkundung mit einem ungerichteten Bohrlochradarsystem hervorgehen würde. Das Graustufen-Radargramm liefert keine Informationen zur Raumrichtung der einzelnen Reflektoren. Eine räumliche Zuordnung von Reflektoren im dreidimensionalen Raum ist ohne eine Einfallswinkelinformation nur eingeschränkt möglich.

Die mit der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde gemessenen Raumkoordinaten können genutzt werden, um die erkannten Reflektoren in einer räumlichen Darstellung zu visualisieren. Abbildung 4 zeigt ein Radargramm, in dem die Signalamplituden abhängig von der ermittelten Einfallrichtung farblich kodiert wurden. Das farbkodierte Radargramm selbst stellt bereits den wesentlichen Anteil am Ergebnis der Erkundung mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar dar, weil bereits aus dieser Darstellung sehr viele Informationen gezogen werden können. Eine vergrößerte Darstellung von Abbildung 4 findet sich in Anlage 2.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	ASSE
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00	

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Blatt: 15

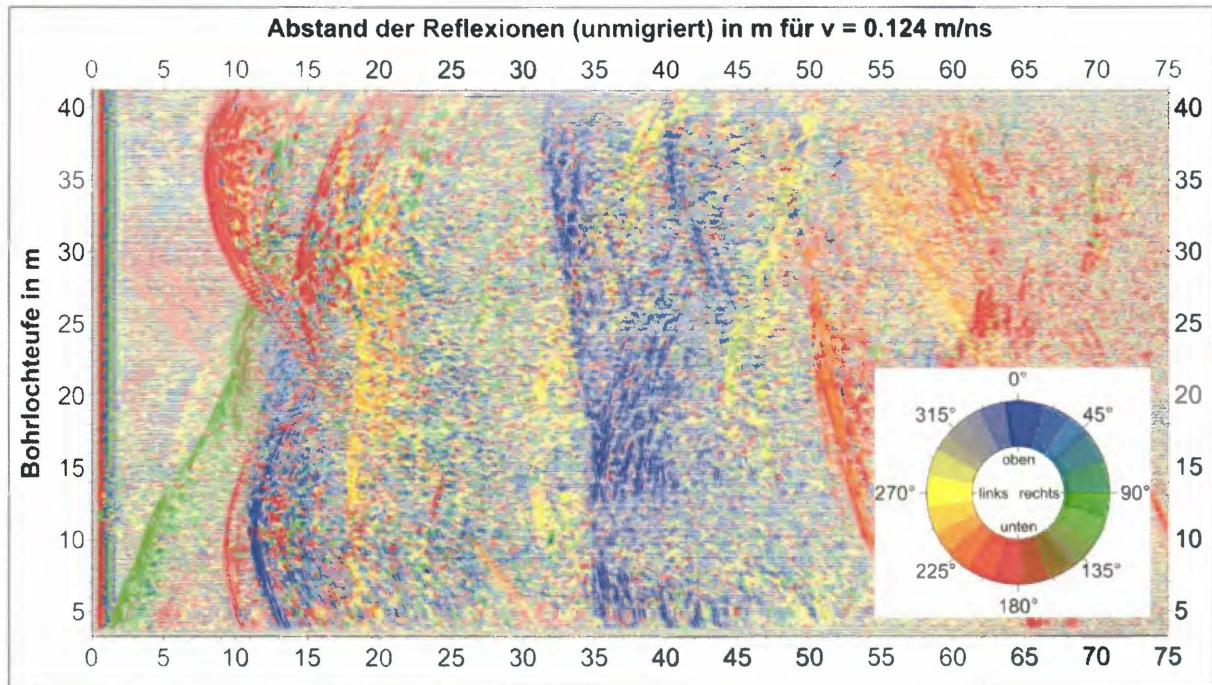


Abbildung 4: Richtungskodiertes Radargramm


Die Lage der Reflexionen beziehungsweise Reflektoren im Raum wird im Folgenden in Bezug auf die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 mit Blickrichtung vom Bohransatzpunkt aus betrachtet. Radarsignale, die in einem Bereich oberhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 reflektiert wurden, werden in der Darstellung blau gezeigt. Signale aus dem Liegenden sind rot gekennzeichnet. Reflexionen, die vom Bohransatzpunkt aus gesehen rechts neben der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 liegen, erscheinen im richtungskodierten Radargramm in grüner Farbe und Reflexionen von links sind gelb dargestellt.

Im richtungskodierten Radargramm in Abbildung 4 sind Reflexionen aus allen Raumrichtungen zu erkennen. In verschiedene Richtungen konnte eine unterschiedliche Erkundungsreichweite erzielt werden. Im Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (rot) und nach Osten hin (gelb) konnten Reflexionen bis zum Ende des dargestellten Bereichs von ca. 75,00 m detektiert werden. Im Hangenden (blau) liegt die maximale Reichweite bei etwa 58,00 m. Nach Westen (grün) konnten deutliche Reflexionen bis zu einem maximalen Abstand von etwa 13,00 m zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 detektiert werden. In größerem Abstand wurden in Richtung Westen weitere, kleinräumigere Signaleinsätze registriert, zum Beispiel am Profilende bei etwa 70,00 m.

Im Hangenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 dominieren zwei Bereiche (blau). Auf der ersten Profilhälfte ist in einem Abstand von etwa 12,00 m eine hyperbelförmige Struktur zu erkennen (nach der Migration abgebildet als Reflektor 7 in Abbildung 3). In größeren Abständen zwischen etwa 32,00 m und 44,00 m wurden zahlreiche Hangendreflexionen über das gesamte Messprofil registriert (Reflektoren 21, 22 und 23).

Im Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden im interessierenden Bereich zwei unterschiedliche Arten von Radarreflexionen geortet (rot). Im Nahbereich der Bohrung wurden lineare Strukturen registriert, die mit der Bohrlochtiefe von der Bohrung wegführen (Reflektor 33 am Profilanfang), oder sich ihr nähern (Reflektoren 16 und 17 in der Profilmitte). Daneben zeichnen sich drei hyperbelförmige Strukturen in den Darstellungen ab. Die Hyperbel am Profilanfang befindet sich in einem Abstand von etwa 9,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und wird in Abbildung 3 auf die Reflektoren 8 und 9 abgebildet. Reflektor 10 ist das Abbild der Liegendreflexion am Profilende und hat einen Abstand von etwa 8,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4. In

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 16
---	-----------

einem größeren Abstand von etwa 14,00 m wurde bei einer Bohrlochteufe von 28,00 m eine weitere Reflexion registriert, die nach der Migration als Reflektor 12 bezeichnet wurde.

Auch nach Osten hin wurde eine Reflexion über das gesamte Messprofil registriert (gelb). Die zugehörige Struktur befindet sich in einem Abstand von etwa 18,00 m zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und bildet sich im migrierten Radargramm in den Reflektoren 13, 14 und 42 ab.

Nach Westen (grün, rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4) sind bis zu einem Abstand von etwa 13,00 m mehrere Reflexionen zu erkennen. Diese Reflexionen lassen sich farblich, also anhand der Einfallrichtung, in zwei Hauptstrukturen aufteilen. Die erste Struktur scheint am Profilanfang von der Einhausung auszugehen und mit der Bohrlochteufe auf die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zuzulaufen. Mit größerer Bohrlochteufe entfernt sich die Struktur bis zur Teufe von etwa 18,00 m auf einen Abstand von etwa 9,00 m. Im migrierten Radargramm in Abbildung 3 wird die Reflexionsstruktur durch die Reflektoren 1 und 2 abgebildet. Die zweite Struktur im Westen schließt sich scheinbar an die erste Struktur an und zeigt in der richtungskodierten Darstellung in Abbildung 4 einen etwas größeren Einfallswinkel (dunkel-grün). Das bedeutet diese Struktur wurde unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 lokalisiert. Die dazugehörigen Reflektoren 3, 4, 5 und 39 zeigen einen etwas flacheren Verlauf in Bezug auf die Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Im hinteren Drittel des Messprofils wird diese Struktur stark durch hyperbelförmige Reflexionen aus dem Liegenden (rot) überlagert. Am Profilende des richtungskodierten Radargramms in Abbildung 4 deuten sich im Abstand von 22,00 m und 70,00 m weitere Reflexionen aus dem Westen an (Reflektoren 27 und 51). Aufgrund der relativ geringen Signalstärke ist die Richtung dieser beiden Signale allerdings nicht eindeutig bestimmbar. Die Signale beider Reflexionen wurden anscheinend durch andere Reflexionen (geologischer und technischer Noise) überlagert, wodurch sich eine erhöhte Ungenauigkeit bei der Ermittlung des Einfallswinkels entstand.


Teilinterpretation der Radargramm-Ergebnisse

Die Ergebnisse der Radargramm-Analysen wurden zunächst einer „Teilinterpretation“ unterzogen. Die Reflexionen aus dem Hangenden können Grubenbauen und Strecken, die sich oberhalb der 750-m-Sohle befinden, zugeordnet werden. Reflektor 7 (Abbildung 3) lässt sich mit der Verbindungsstrecke Rollloch R5 im Sohlniveau der 725-m-Sohle korrelieren. Die Reflektoren 21, 22 und 23 stellen weitere Strukturen aus dem Sohlniveau der 700-m-Sohle dar.

Die linearen Reflektoren 16 und 17 aus dem Liegenden laufen auf die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 an den Bohrlochteufen von etwa 31,00 m und 34,00 m zu. Hierbei handelt es sich vermutlich um geologische Schichtgrenzen oder Trennflächenstrukturen, die mit der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 aufgeschlossen wurden. Die weiteren Liegendreflexionen zeigen eine hyperbelförmige Struktur und wurden vermutlich durch Strecken der 750-m-Sohle verursacht. Die Reflektoren 8 und 9 am Profilanfang können dem östlichen Querschlag zugeordnet werden. Die Liegendreflektoren 10 und 12 auf der zweiten Profilhälfte sind ein Abbild der Verbindungsstrecken zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750. Reflektor 10 zeigt vermutlich die Firste der Verbindungsstrecke im Firstniveau der Einlagerungskammern und Reflektor 12 die Firste der Verbindungsstrecke im Sohlenniveau.

In östlicher Richtung, also links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4, konnte der Stoß der Einlagerungskammer 11/750 mit den Reflektoren 13, 14 und 42 über eine Bohrlochteufe von etwa 25,00 m erkannt werden. Der Stoß wurde in einem Abstand von etwa 18,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 lokalisiert. Die Lage des Verschlussbauwerks, rechts von Erkundungsbohrung B 7/750-B4, kann anhand der Reflektoren 1 und 2 sehr gut beschrieben werden. Die daran anschließenden Reflektoren 3, 4 und 5 stellen vermutlich die Lage des Stoßes der Einlagerungskammer 7/750 dar. Die Reflexion der Radarwellen am Stoß (Abbildung 4) wird teilweise durch Reflexionen aus anderen Raumrichtungen überlagert und bildet sich daher nicht kontinuierlich ab. Zwei weiteren Reflexionen aus westlicher Richtung konnten keine eindeutigen Einfallrichtungen zugeordnet werden. Reflektor 27 wurde in einem Abstand von etwa 22,00 m von Erkundungsbohrung B 7/750-B4 lokalisiert. Sollte der Reflektor tatsächlich aus dem Inneren der

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 17
---	-----------

Einlagerungskammer 7/750 stammen, so könnte seine Lage Informationen über die gewölbeartige Firste der Einlagerungskammer 7/750 oder eine innere Struktur in der Schwebelieferung liefern. Ein weiterer Reflektor (Reflektor 51) wurde in einem Abstand von 70,00 m von Erkundungsbohrung B 7/750-B4 lokalisiert. Sollte sich dieser Reflektor westlich der Erkundungsbohrung 7/750-B4 befinden, so kann er mit dem westlichen Stoß der Einlagerungskammer 7/750 korreliert werden.

5.2 2D-Darstellung der Ergebnisse

5.2.1 2D-Darstellung in richtungskodierten Profilschnitten

Eine zusätzliche Möglichkeit der Visualisierung ist die Unterteilung der dargestellten Profilabbildungen in festgelegte Winkelabschnitte. Beispielsweise wurden in den Darstellungen in den Anlagen 3 und 4 die Ergebnisse auf bestimmte Ebenen beschränkt. Die darin dargestellten unmigrierten Radargramme wurden so bearbeitet, dass jeweils nur Reflexionen aus bestimmten Raumrichtungen sichtbar sind.

In Anlage 3 ist ein Vertikalschnitt dargestellt. Das Radargramm unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zeigt nur diejenigen Reflexionssignale, die in dem Winkelbereich zwischen 135° und 225° reflektiert wurden. Folglich dominieren in diesem Schnitt eher rote Farbtöne. Das Radargramm oberhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 beschränkt sich entsprechend auf den Winkelbereich von 315° bis 45° (blau). In der gleichen Weise beschränken sich in Anlage 4 die Radargramme auf den dargestellten Horizontalschnitt. Das Radargramm rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (Blickrichtung von der Einhausung in Richtung Schwebelieferung) ist für den Winkelbereich von 45° bis 135° gefiltert. Das Radargramm links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zeigt den Winkelbereich 225° bis 315°. In diesen Horizontal- und Vertikalschnitten sind zudem die Schnitte des Grubengebäudes eingezeichnet und auf die jeweilige Ansichtsebene projiziert.

Die Schnittbilder in den Anlagen 3 und 4 erlauben eine qualitative Aussage über die Position einzelner Reflexionsstrukturen. Die darin dargestellten Radargramme sind nicht migriert, das bedeutet, dass die einzelnen Reflexionen nicht vollkommen lagerichtig abgebildet werden (vergleiche Abschnitt 4.3). Zudem werden die Messdaten mit ihren 3D-Raumkoordinaten auf vereinfachte 2D-Schnittbilder projiziert. Die genaue Lage der Reflektoren im Raum ergibt sich ausschließlich über die räumliche Darstellung der 3D-Koordinaten.


5.2.2 Ergebnisse aus den richtungskodierten Profilschnitten

Im Vertikalschnitt in Anlage 3 sind oberhalb und unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 mehrere Reflexionen zu erkennen, die verschiedenen Strukturen zugeordnet werden können. Im Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 sind beispielsweise zwei bohrlochnahe, linear verlaufende Reflexionen zu sehen, die sich mit der Bohrlochteufe (nach links in Anlage 3) der Bohrung nähern. Die Reflexionen sind in der Darstellung gelb dargestellt, sie wurden also links unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 geortet. In einem größeren Abstand von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 sind drei hyperbelförmige Strukturen zu erkennen (rot), eine am Profilanfang und zwei am Profilenende. Zwischen den Hyperbeln ist ein bohrlochparalleler Reflexionsbereich zu erkennen, der aus vielen kleinräumigen Einzelstrukturen besteht. Dieser Bereich erscheint in der Schnittbilddarstellung in grün, die Reflexionen stammen also von unten rechts.

Das Radargramm im Hangenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wird im Wesentlichen durch eine hyperbelförmige Struktur dominiert (blau), die vom Profilanfang bis etwa zur Profilmittte reicht.

Im Horizontalschnitt in Anlage 4 kann am Profilanfang eine Reflexion im Bereich des Verschlussbauwerks verfolgt werden. Ihre grün-rote Farbe erklärt, dass dieses Reflexionssignal von einer Struktur rechts unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 stammt. Das Signal kann im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 als rote, in etwa bohrlochparallele Struktur weiterverfolgt werden. Die rote Farbe der Reflexion entspricht einem Einfallen von unten rechts. Oberhalb der Einlagerungskammer 7/750 konnte ein Bereich mit zahlreichen kleinräumigen Diffraktionsstrukturen

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 18
---	-----------

registriert werden (grün, blau, rot), der auch Richtung Norden über den unmittelbaren Kammerbereich hinaus reicht. Am westlichen Stoß der Einlagerungskammer 7/750 ist eine schwache Reflexion angedeutet.

Das Radargramm in Richtung Osten wird durch eine Gruppe von Reflexionen am Stoß der Einlagerungskammer 11/750 dominiert. Die Reflexionen zeigen eine orange Farbe und stammen folglich in Bezug auf die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 von unten links. Im mittleren Profildbereich ist bohrlochnah eine gelbe Reflexion sichtbar, die scheinbar auf den Bohransatzpunkt zuläuft.

Teilinterpretation der richtungskodierten Radargramm-Darstellungen

Die Darstellungen im Vertikalschnitt (Anlage 3) und im Horizontalschnitt (Anlage 4) bestätigen die Erstinterpretationen anhand des richtungskodierten Radargramms aus Abbildung 4 (Kapitel 5.1). Im Hangenden wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit die Sohle einer Verbindungsstrecke (Rolloch R 5) auf der 725-m-Sohle geortet. Im Liegenden konnte die Lage von zwei Verbindungsstrecken zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750, sowie der südlichen Richtstrecken nach Osten lokalisiert werden.

Der Verlauf des Verschlussbauwerks konnte im Horizontalschnitt (Anlage 4) nachskizziert werden. Die Reflexionsstruktur geht Richtung Süden in einen Bereich über, der aus zumeist kleinräumigen Einzelstrukturen besteht und sowohl im Vertikalschnitt (Anlage 3) als auch im Horizontalschnitt (Anlage 4) detektiert wurde. Hier wurde vermutlich der Stoß der Einlagerungskammer 7/750 geortet, der sich unten rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet. Ähnlich wie in den vorherigen Erkundungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar in den Erkundungsbohrungen B 7/750-B1.2 /1/ und B 7/750-B1 /2/ konnte im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 ein Bereich mit zahlreichen kleinräumigen Strukturen geortet werden. Diese Strukturen deuten auf einen lokal sehr inhomogenen Bereich in der Schweben mit vielen kleinen Strukturelementen hin. Hierbei kann es sich um einen Schwarm von Trennflächenstrukturen in der Schweben handeln, möglicherweise auch um Reflexionen von Strukturen aus der Einlagerungskammer 7/750 selbst.


In Richtung Osten konnten Detailinformationen über den Kammerstoß der Einlagerungskammer 11/750 über die gesamte Kammerbreite gewonnen werden. Sowohl im Horizontal- als auch im Vertikalschnitt wurden bohrlochnah lineare Strukturen geortet. Hierbei kann es sich um geologische Schichtgrenzen oder um Trennflächen innerhalb des Pfeilers zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 handeln.

Im Horizontalschnitt in Anlage 4 fällt auf, dass die Reflexionen der Kammerstöße der Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 nicht mit der Lage der Stöße im Grubenplan übereinstimmen. Für beide Reflexionen wurden jeweils größere Abstände zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 registriert. Der Grund hierfür liegt in der dreidimensionalen Natur der Messdaten, die in der Abbildung auf eine horizontale Ebene projiziert werden. Dargestellt wird jeweils der kürzeste Abstand der Reflexionen zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet sich jedoch oberhalb der Einlagerungskammern 7/750 und 11/750. Damit ergibt sich ein diagonaler Wellenweg zwischen Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und Kammerstoß, der jeweils länger ist als der horizontale Abstand. Eine genauere Lagebestimmung der Kammerstöße der Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 erfolgt durch die Berechnung der dreidimensionalen Raumkoordinaten.

5.2.3 Winkeldarstellung mit Hilfe von Polardiagrammen

Eine Übersicht über die räumliche Lage der georteten Reflektoren relativ zur Bohrlochachse liefern die folgenden Abbildungen 5 und 6 in Form von Polardiagrammen. Die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet sich in diesen Abbildungen jeweils im Mittelpunkt der Diagrammdarstellungen. Die Blickrichtung geht in Richtung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 mit zunehmender Bohrlochteufe. Die Firste der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet sich jeweils bei einem Winkel

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 19
---	-----------

von 0°. Die Reflektoren sind als Punkte zusammen mit der zugehörigen Nummerierung in Abhängigkeit ihrer Entfernung von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und ihres Raumwinkels relativ zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 eingetragen. Als Entfernung wurde hier jeweils der mittlere Abstand der Reflektoren von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 verwendet. Die Betrachtung der sektoralen Lage und Entfernung der Reflektoren in diesen Polardiagrammen erhöht die Anschaulichkeit der räumlichen Lage der erfassten Strukturen bezüglich der Erkundungsbohrung B 7/750-B4.

Abbildung 5 zeigt als Ergebnis die Reflektoren im Entfernungsbereich bis 20,00 m. Es wurden Reflektoren in alle Raumrichtungen um die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 herum geortet. Die meisten Strukturen wurden im näheren Bohrungsumfeld, sowie im unteren Halbraum detektiert. Bei den Reflektoren 11, 34, 40, 49 und 50 konnte der Einfallswinkel nicht bestimmt werden. Diese Reflektoren werden in Abbildung 5 in Nordrichtung (0°) dargestellt.

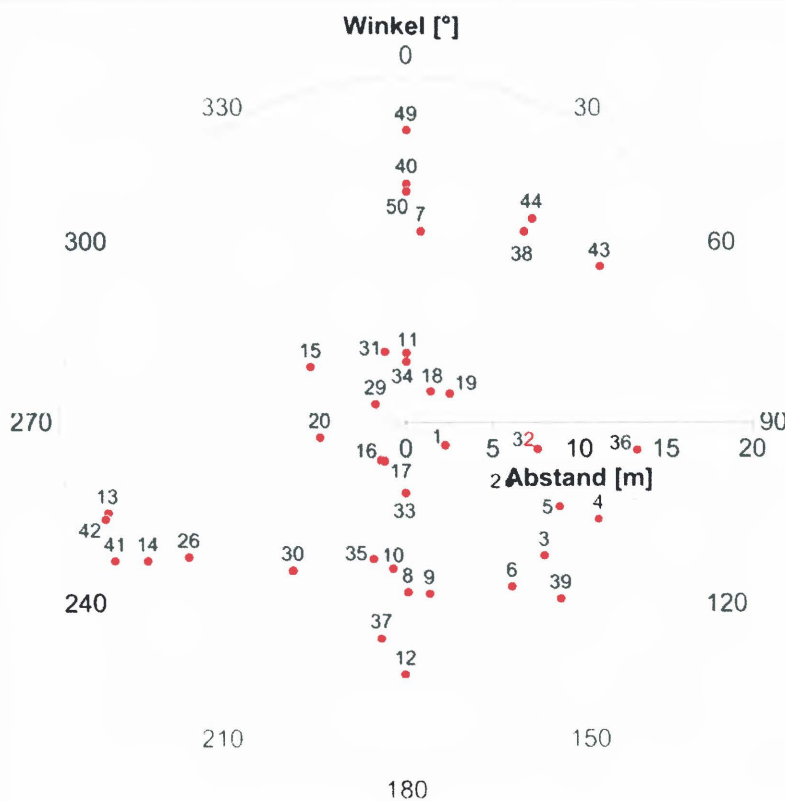



Abbildung 5: Richtung der Reflektoren in Abhängigkeit von der Entfernung (Entfernungsbereich bis 20,00 m)

Die Erkundungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar in den Erkundungsbohrungen B 7/750-B1.2 /1/ und B 7/750-B1 /2/ zeigten eine große Anzahl von Reflektoren im unmittelbaren Bohrungsumfeld bis etwa 5,00 m um die jeweilige Bohrung. Diese Reflektoren wurden als mögliche Störungen oder Trennflächenstrukturen interpretiert. In den Messdaten der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 treten im Umfeld der Bohrung weitaus weniger Reflektoren auf. Dies ist ein Hinweis darauf, dass der Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 im Bereich der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 deutlich weniger gestört ist.

Abbildung 6 zeigt die Lage der Reflektoren im Entfernungsbereich 20,00 m bis 70,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Da sich die Auswertung auf den interessierenden Bereich beziehungsweise auf sehr markante Strukturen in größeren Entfernungen beschränkt, kann anhand der Abbildung keine Aussage über die richtungsabhängige Reichweite getroffen werden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 20
---	-----------

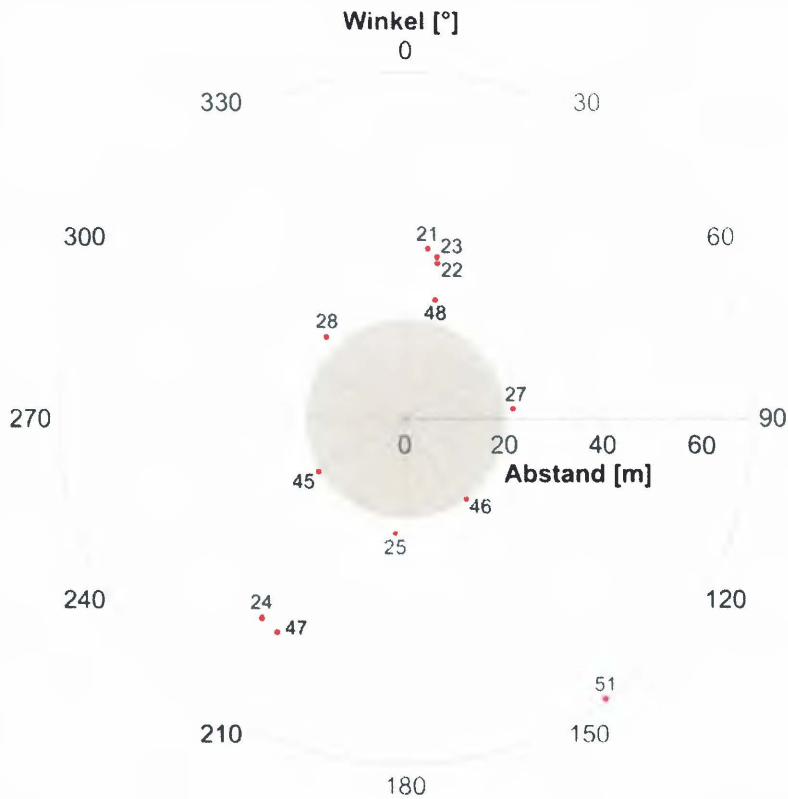


Abbildung 6: Richtung der Reflektoren in Abhängigkeit von der Entfernung (Entfernungsbereich 20,00 m bis 70,00 m)

5.2.4 Detaillierte 2D-Darstellung der Reflektoren

Zur Verbesserung der Anschaulichkeit bei der Betrachtung und Interpretation der Ergebnisse werden im nächsten Arbeitsschritt die Messergebnisse nach der jeweiligen Einfallsrichtung aufgeteilt. Für jede Einfallsrichtung werden Schnittbild und Polardiagramm gemeinsam dargestellt (Abbildungen 7 bis 14) und die Darstellung auf eine selektierte Auswahl an Reflektoren reduziert. Im Schnittbild wird dabei jeweils der kürzeste Abstand zwischen Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und Reflektor gezeigt. Die sektorale Lage eines Reflektors ist dem jeweiligen Polardiagramm zu entnehmen. Die einzelnen Reflektoren sind entsprechend der Interpretation farblich markiert und gemäß Abschnitt 5.1 nummeriert. Die Aufteilung erfolgt in insgesamt 8 Sektoren, die jeweils einen Bereich von etwa 45° bis 60° zeigen. Teilweise werden Reflektoren aus benachbarten Sektoren mit dargestellt, um die Interpretation der Messdaten zu vereinfachen.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Blatt: 21

Reflektoren von oben, 330°-30° (Abbildung 7)

Abbildung 7 zeigt den Sektor der Reflektoren im Hangenden. Es wurden sowohl bohrlochnahe Reflektoren, als auch Strukturen bis zu einem Abstand von etwa 35,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 detektiert. Am Profilende liegen die beiden bohrlochnahen Reflektoren 11 und 31 in einem spitzen Winkel zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4.

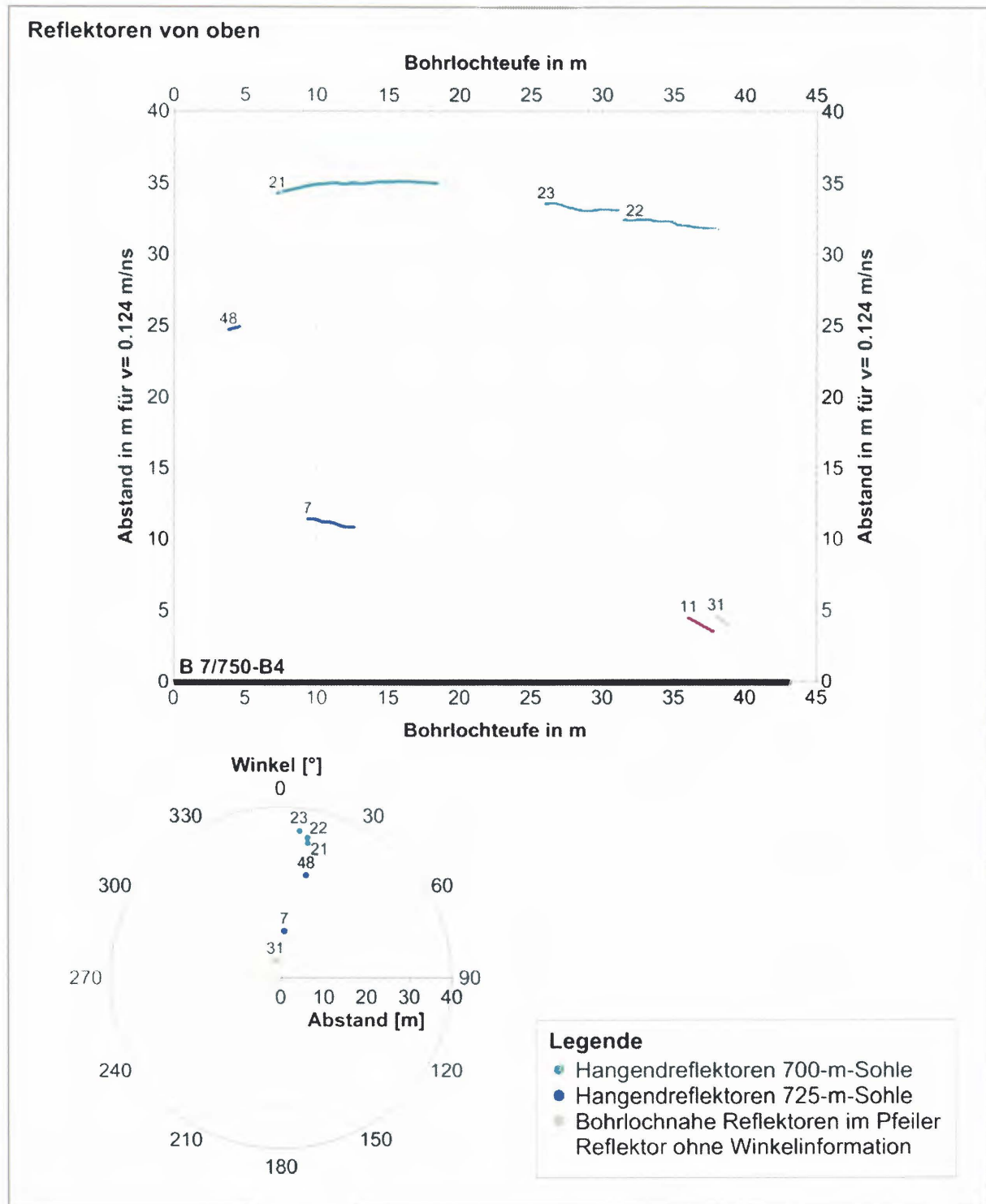



Abbildung 7: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Hangenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Der Einfallswinkel des Reflektors 11 konnte anhand der Messdaten nicht eindeutig bestimmt werden. Aufgrund des geringen Abstandes zu Reflektor 31 und dem annähernd parallelen Verlauf wurde angenommen, dass Reflektor 11 dieselbe Orientierung aufweist wie Reflektor 31. Ein weiterer,

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 22
---	-----------

annähernd bohrlochparalleler Reflektor (7) wurde im Bohrlochteufenintervall von etwa 9,00 m bis etwa 13,00 m in einem Abstand von 12,00 m oberhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 detektiert. Außerdem wurden im Hangenden drei bohrlochparallele Reflektoren (21 bis 23) über einen größeren Profilbereich registriert.

Die bohrlochnahen Reflektoren 11 und 31 stellen vermutlich geologische Schichtgrenzen beziehungsweise Trennflächen innerhalb des Pfeilers zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 dar. Die Reflektoren würden die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 in ihrer Projektion bei etwa 44,00 m bis 45,00 m antreffen. Da die Bohrlänge auf 43,00 m beschränkt ist, wurden die Reflektoren in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 nicht angetroffen und können somit nicht eindeutig zugeordnet werden. Reflektor 7 befindet sich im Sohlniveau der 725-m-Sohle. Die Reflektoren 21 bis 23 stammen aus dem Sohlniveau der 700-m-Sohle. Diese Reflektoren können Abbauen oder Strecken zugeordnet werden.

Reflektoren von oben links, 290°-335° (Abbildung 8)

Links oberhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden insgesamt drei Reflektoren detektiert (Abbildung 8). Es wurden dabei zwei bohrlochnahe Reflektoren (15, 29), sowie eine Struktur in einem größeren Abstand von etwa 23,00 m zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 lokalisiert (28).

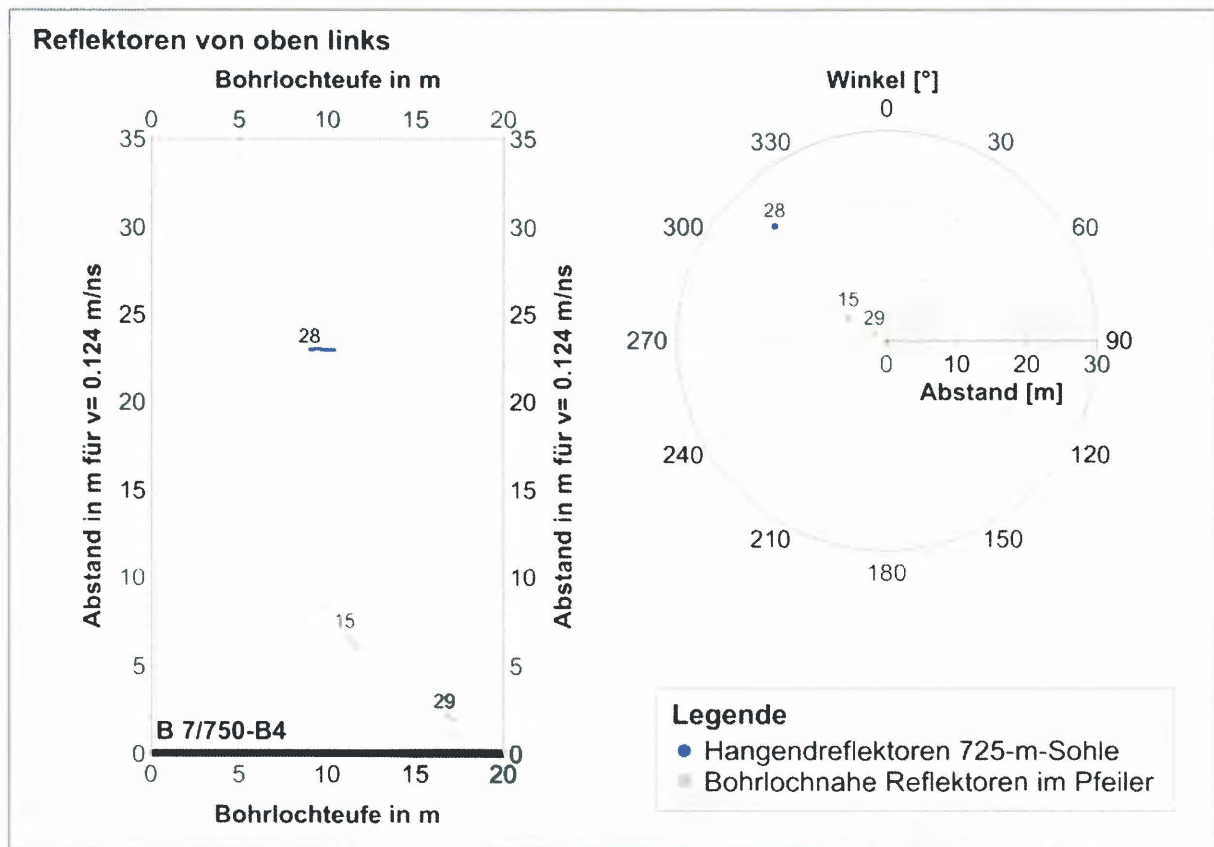


Abbildung 8: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Hangenden links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Die Reflektoren 15 und 29 geben Detailinformationen aus dem unmittelbaren Bereich des Pfeilers zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750. Hierbei kann es sich um geologische Schichtgrenzen oder Trennflächenstrukturen handeln. Mit dem optischen Bohrlochscanner wurde bei 22,20 m eine Schichtgrenze innerhalb des Steinsalzes detektiert, die mit dem Verlauf von Reflektor 29 korreliert werden kann /3/. Reflektor 28, mit größerem Abstand zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4, kann vermutlich der 725-m-Sohle zugeordnet werden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Reflektoren von links, 240°-300° (Abbildung 9)

Die Darstellung der Reflektoren, die von links aufgezeichnet wurden, erfolgt in der Draufsicht (Abbildung 9). Zwischen 12,00 m und 16,00 m wurde in Abständen zwischen 4,00 m und 6,00 m ein bohrlochnaher, gekrümmter Reflektor geortet, der sich mit der Bohrlochteufe von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 entfernt (20). In größeren Abständen zwischen 17,00 m und 19,00 m wurden drei nahezu bohrlochparallele Reflektoren registriert (13, 14, 42).

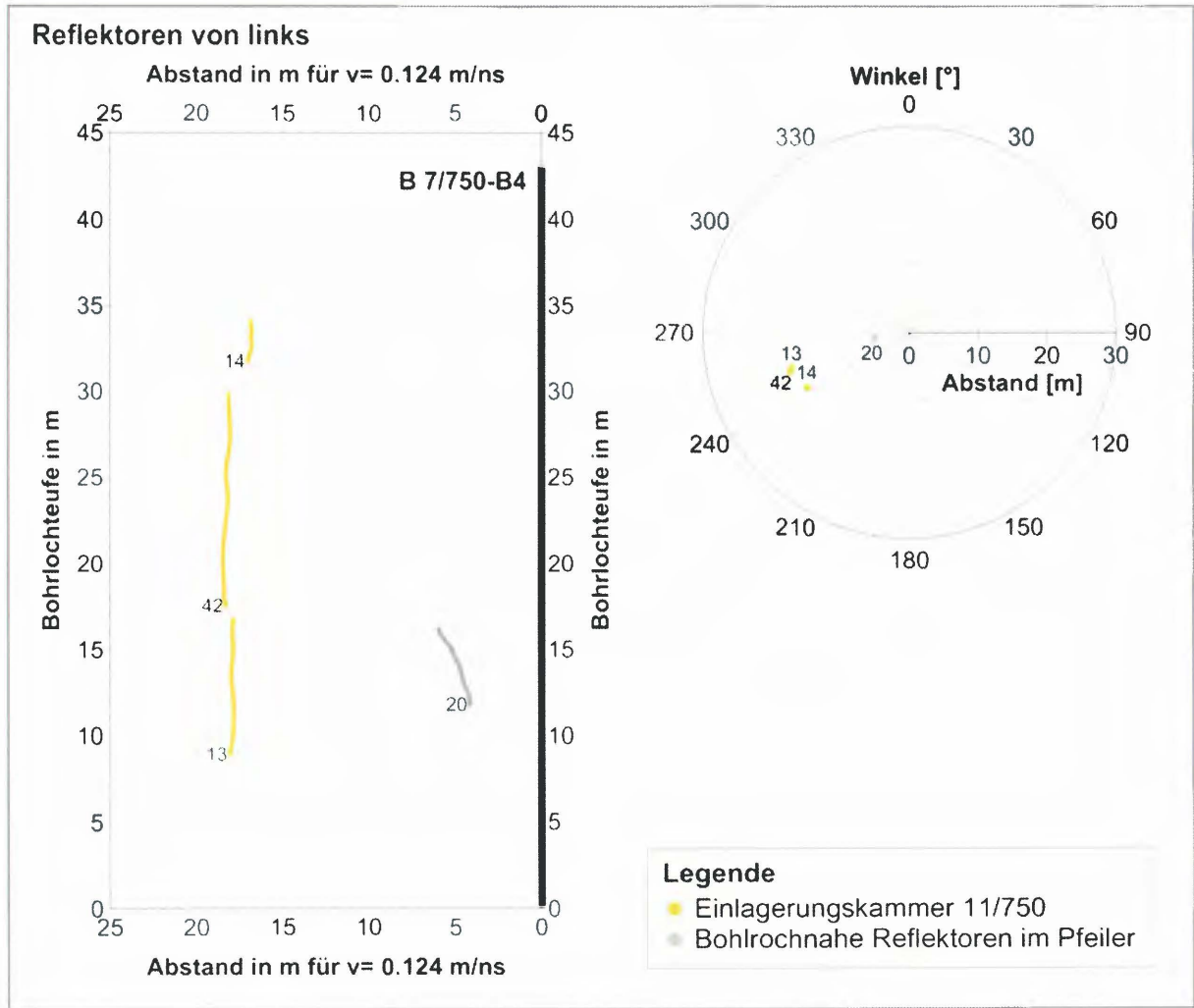


Abbildung 9: 2D-Darstellung der Reflektoren von links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Reflektor 20 zeigt eine gekrümmte Struktur und scheint die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 nicht zu schneiden. Somit kann dieser Reflektor nicht mit Bohrungsinformationen korreliert werden. Reflektor 20 stellt vermutlich eine geologische Schichtgrenze oder eine Trennfläche innerhalb des Pfeilers dar. Die Reflektoren 13, 14 und 42 bilden eine annähernd lineare Struktur und können der Einlagerungskammer 11/750 zugeordnet werden. Hier wurde vermutlich der Stoß beziehungsweise die Firste der Einlagerungskammer 11/750 geortet.

Reflektoren von unten links, 205°-250° (Abbildung 10)

Links unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 konnten insgesamt drei unterschiedliche Gruppen von Reflektoren detektiert werden, welche jeweils aus zwei Reflektoren bestehen (Abbildung 10). Bohrlochnah nähern sich die beiden Reflektoren 16 und 17 der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 mit zunehmender Teufe an. Die projizierten Schnittpunkte der Reflektoren liegen bei etwa 31,00 m und 34,00 m. Bei einer etwas größeren Entfernung von etwa 17,00 m und 21,00 m werden in den Radardaten bei Profilmeter 27 zwei kurze, in etwa bohrlochparallele Reflektoren

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Blatt: 24

geortet (41, 45). Zwei weitere Reflektoren (24, 47) wurden in einem Abstand von etwa 50,00 m zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 registriert.

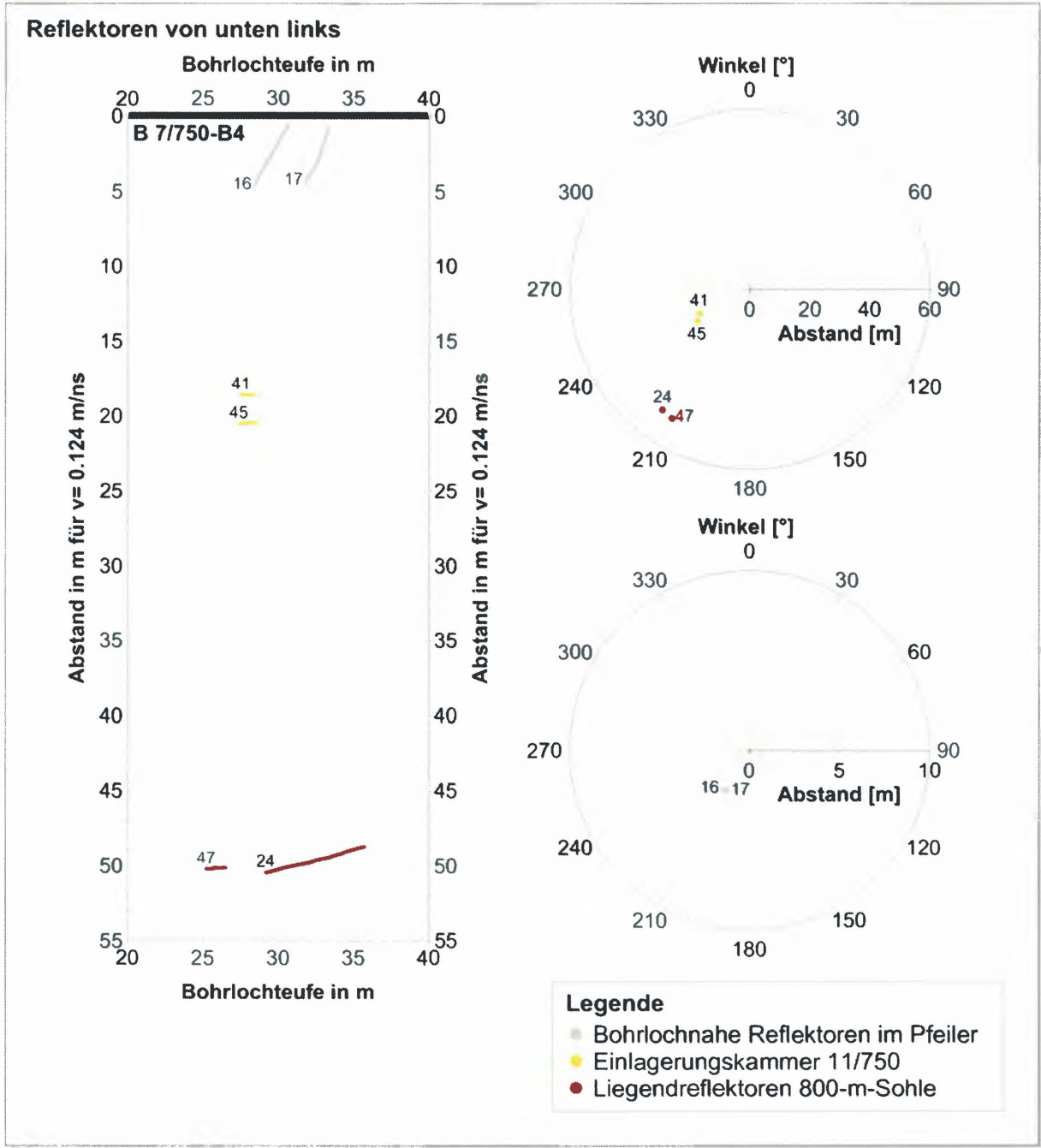


Abbildung 10: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Liegenden links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Der parallele Verlauf der Reflektoren 16 und 17 lässt vermuten, dass es sich hierbei um geologische Strukturen handelt. Der optische Bohrlochscan mit Auswertung des Kluftsystems in Erkundungsbohrung B 7/750-B4 /4/ zeigt im entsprechenden Bereich mehrere interne Strukturen innerhalb des Steinsalzes, sowie mehrere Klüfte. Die beiden Reflektoren 16 und 17 scheinen mit den nachgewiesenen Klüften zu korrelieren. Mit den Ergebnissen des richtungssensitiven 3D-Bohrlochradars konnte das Einfallen dieser Klüfte bestätigt und der Verlauf bis zu einem Abstand von etwa 5,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 verfolgt werden. Die Reflektoren 41 und 45 stammen vermutlich aus dem Inneren der Einlagerungskammer 11/750. Die entfernteren Reflektoren 24 und 47 liegen im Bereich der 800-m-Sohle und stellen vermutlich Grubenbaue dar.

KQM_Textblatt_REV09_Stand-2016-02-01

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr NNNN	Rev. NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

ASSE

Reflektoren von unten, 160°-240° (Abbildung 11)

In der Darstellung in Abbildung 11 sind alle diejenigen Reflektoren gezeigt, die sich im Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befinden. Am Profilanfang konnten zwei kurze Reflektoren detektiert werden, die in ihrer Orientierung mit der Bohrlochtiefe von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wegweisen (33 und 35).

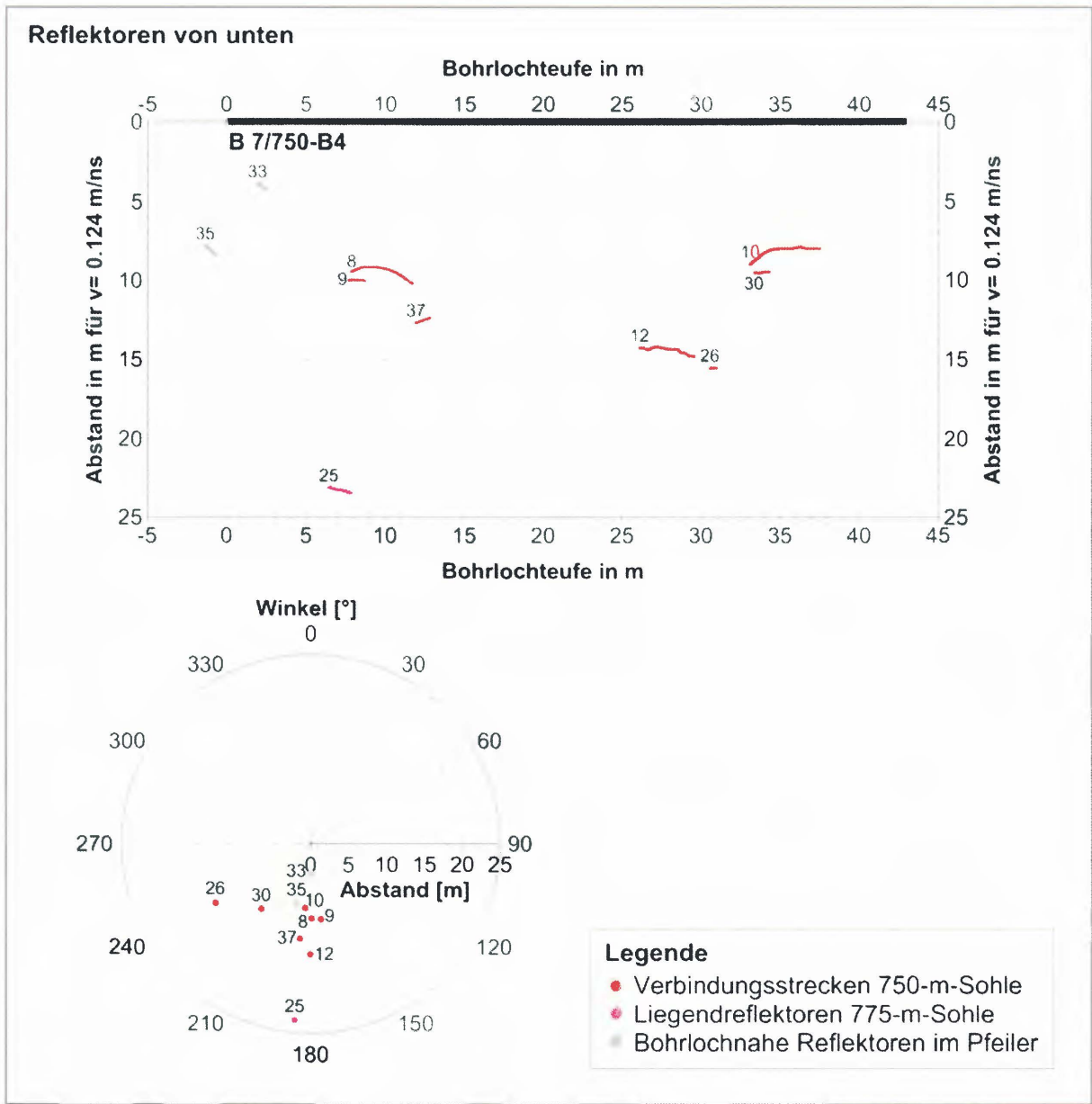



Abbildung 11: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

An den drei Positionen 9,00 m, 28,00 m und 35,00 m zeichnen sich in den Daten bogenförmige Reflektoren ab (8, 10, 12). Diese Reflektoren werden von weiteren kleinräumigen Reflektoren begleitet (9, 26, 30, 37). Ein weiterer kurzer Reflektor wurde in einem Abstand von etwa 23,00 m im Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 detektiert (25).

Die kleinräumigen Reflektoren 33 und 35 am Bohrlochanfang stellen entweder Strukturen innerhalb des Salzes dar, oder werden durch den Grubenbau oder die Einbauten des Einhausungsbereiches verursacht. Die drei bogenförmigen Reflektoren 8, 10 und 12 können mit Verbindungsstrecken korreliert werden. Die Reflektoren 8, 9 und 37 wurden auf der ersten Profilhälfte registriert und stellen vermutlich den östlichen Querschlag dar. Auf der zweiten Profilhälfte wurden zwei

KQM_Textblatt_REV09_Stand-2016-02-01

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 26
---	-----------

Verbindungsstrecken zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 geortet. Der Reflektor 10 zeigt den Firstverlauf der Verbindungsstrecke im Firstniveau der Einlagerungskammer 7/750. Die untere Verbindungsstrecke im Sohlniveau wurde vermutlich durch Reflektor 12 abgebildet. Reflektor 25 befindet sich etwa 23,00 m unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 und kann somit Grubenbauen der 775-m-Sohle zugeordnet werden.

Reflektoren von unten rechts, 105°-150° (Abbildung 12)

Die meisten Reflektoren wurden im Bereich rechts unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 lokalisiert (Abbildung 12). Ausgehend vom Bohransatzpunkt entfernt sich Reflektor 1 von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Die Struktur kann als Reflektor 2 bis zu einem Abstand von etwa 9,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 verfolgt werden. Daran schließen sich parallele Reflektoren an, die im Profilbereich von etwa 16,00 m bis etwa 36,00 m nachverfolgt werden können (3, 4, 5, 6, 39). Das Richtdiagramm zeigt, dass der Einfallswinkel der beiden Hauptreflektoren 3 und 5 leicht unterschiedlich ist. Bei etwa 12,00 m wurde ein weiterer kurzer Reflektor in einem Abstand von etwa 20,00 m registriert (46). Reflektor 51 befindet sich in einem Abstand von etwa 70,00 m rechts unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Aus Gründen der besseren Darstellbarkeit auf Grund seiner großen Entfernung wird Reflektor 51 in der Schnittbilddarstellung nicht gezeigt.

Mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar konnte das Verschlussbauwerk, ausgehend von dem Einhausungsbereich, bis zur Einlagerungskammer 7/750 verfolgt werden (Reflektoren 1 und 2). Mit den Reflektoren 3 bis 6 und 39 konnte der Stoß beziehungsweise die Firste der Einlagerungskammer 7/750 sogar an zwei Stellen geortet werden. Reflektor 51 kann vom Abstand her gegebenenfalls mit dem entfernteren Stoß der Einlagerungskammer 7/750 korreliert werden. Allerdings müsste hierfür der Einfallswinkel geringer sein. Im vorangegangenen Kapitel 5.1 wurde bereits auf die erhöhte Winkelunsicherheit dieses Reflektors eingegangen.

Reflektoren von rechts, 70°-115° (Abbildung 13)

Im Sektor rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden nur wenige Reflektoren geortet (Abbildung 13). Reflektor 32 zeigt eine annähernd lineare Struktur und verläuft in Richtung auf die Einhausung. Zwei weitere, kleinräumige Reflektoren wurden in Abständen von 13,00 m und 22,00 m geortet (36, 27).

Daneben wurde rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 ein auffälliger Bereich registriert (Abbildung 13), der bereits im Horizontalschnitt in Kapitel 5.2 beschrieben wurden. In der Darstellung wurde dieser Bereich flächig schraffiert. In diesem Bereich tritt eine große Anzahl von kleinräumigen Reflexionseinsätzen auf. Diese liegen hauptsächlich im Winkelbereich zwischen etwa 45° (rechts oberhalb) und 90° (rechts), ausgehend von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4.

Derartige Reflexionsmuster, welche als Diffraktionen bezeichnet werden, werden voraussichtlich durch kleinräumige Inhomogenitäten innerhalb der Schweben hervorgerufen, z. B. in Form von Trennflächen- oder Störungsbereichen. Nicht auszuschließen ist auch, dass die Diffraktionssignale durch definierte Strukturen aus dem Inneren der Einlagerungskammer 7/750 resultieren, z. B. durch Gebinde oder Verfüllungsmaterial.

Reflektor 27 befindet sich rechts neben der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 in einem Abstand von etwa 22,00 m. Dieser Reflektor stellt entweder eine innere Struktur in der Schweben oberhalb der Einlagerungskammer 7/750 oder die gewölbte Firstkontur der Einlagerungskammer dar. Bei Reflektor 32 handelt es sich vermutlich um eine weitere Erkundungsbohrung der Einlagerungskammer 7/750.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

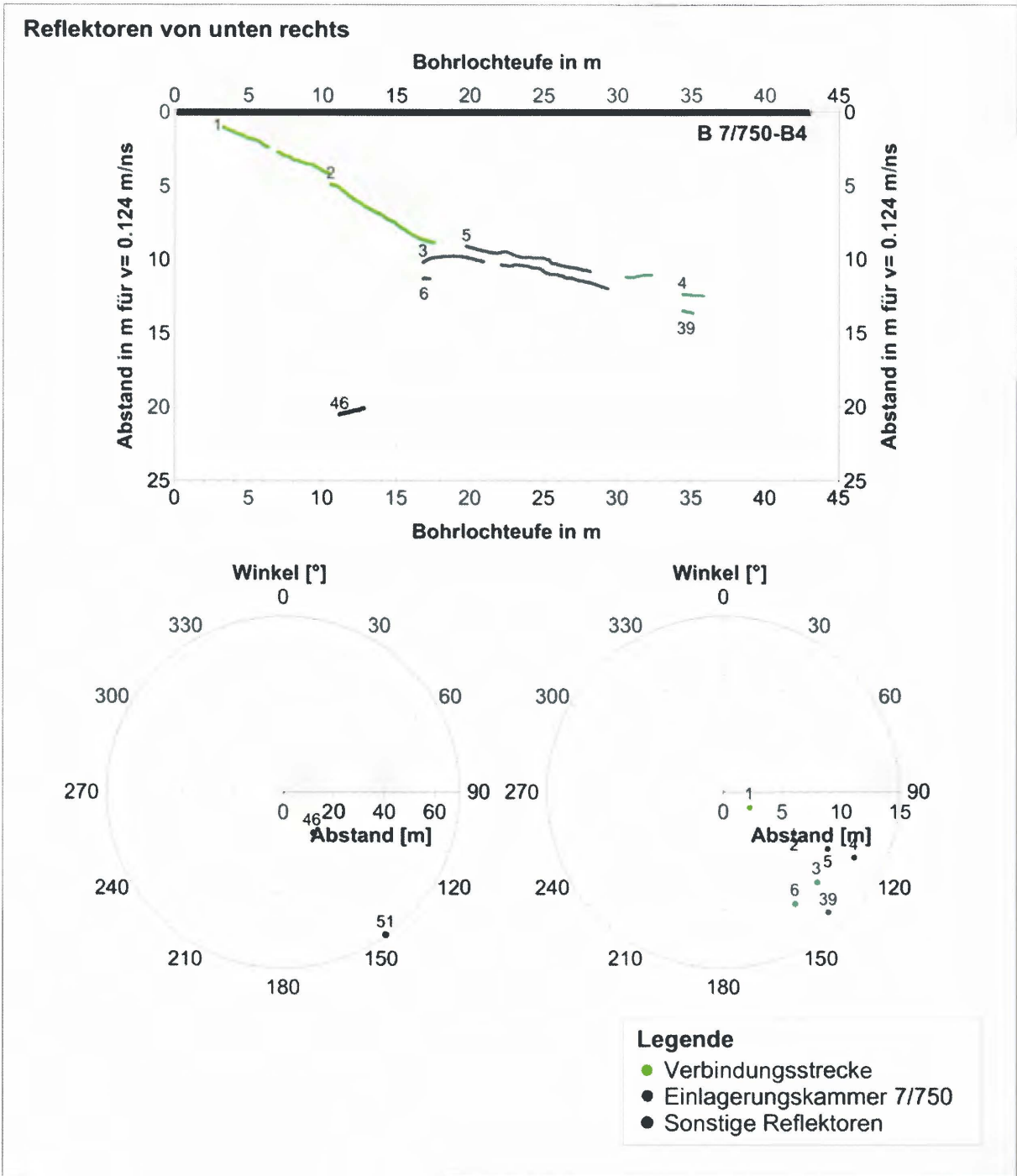


Abbildung 12: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Liegenden rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

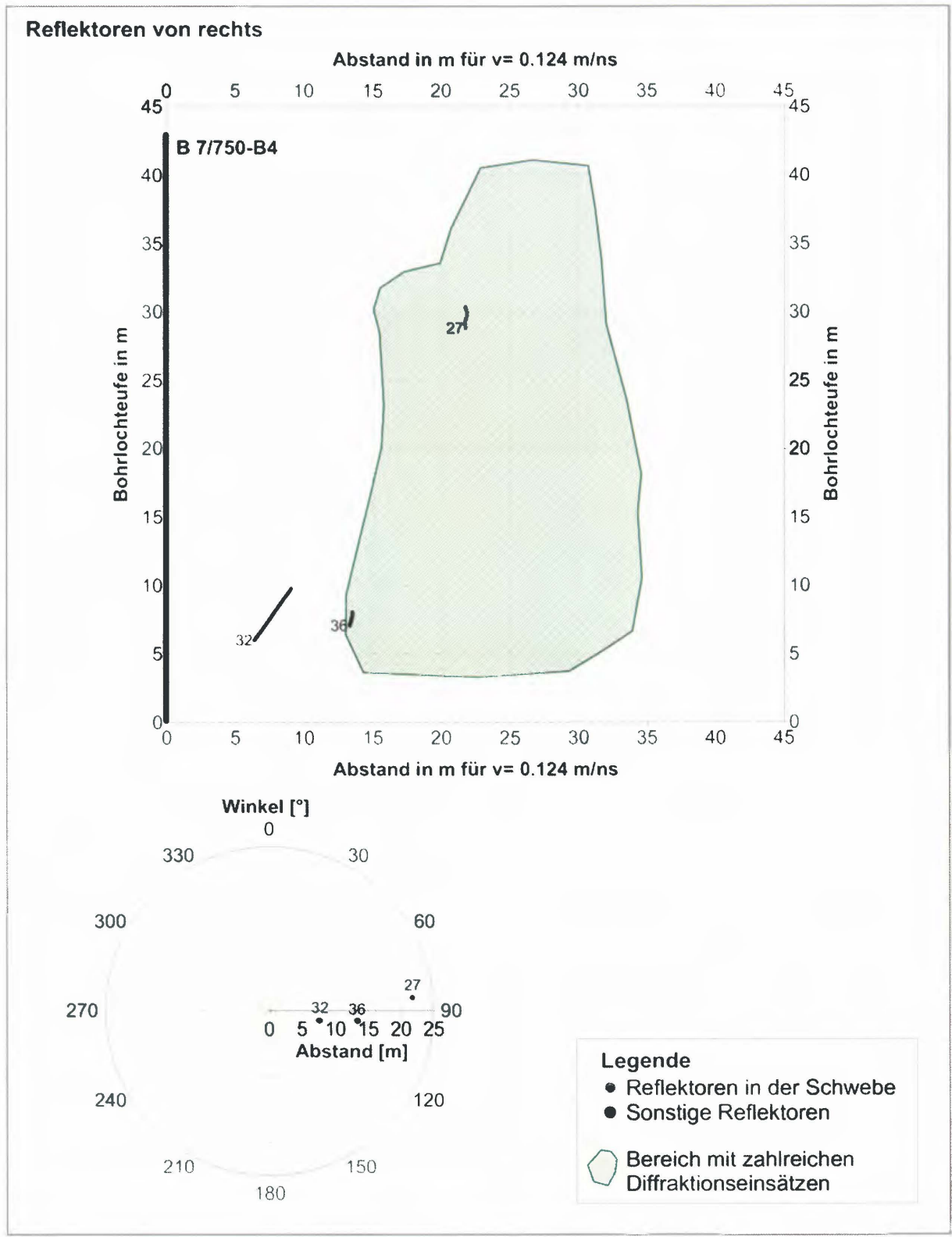



Abbildung 13: 2D-Darstellung der Strukturen rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 29
---	-----------

Reflektoren von oben rechts, 15°-60° (Abbildung 14)

Im Bereich rechts oberhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden insgesamt fünf Reflektoren registriert. Die Reflektoren 18 und 19 zeigen eine Parallelstruktur, die in der Verlängerung die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 ungefähr bei Profilmeter 27 und 28 schneiden würden. Die drei weiteren Reflektoren 38, 43 und 44 liegen in einem ähnlichen Abstand von etwa 14,00 m zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4.

Die Reflektoren 18 und 19 können mit dem allgemeinen Verlauf der Kluffstrukturen in dem entsprechenden Teufenabschnitt korreliert werden /4/. Zusammen mit den Reflektoren 16 und 17, die unten links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 detektiert wurden, kann der allgemeine Verlauf der Klüfte im Profilmeterbereich 27,00 m bis 34,00 m bis zu einem Abstand von etwa 5,00 m nachvollzogen werden. Das Streichen und Fallen der Kluffstrukturen wird erst durch die dreidimensionale Darstellung im kommenden Kapitel 5.3 deutlich. Die drei Reflektoren 38, 43 und 44 können vermutlich mit Grubenbauen auf der 725-m-Sohle korreliert werden.

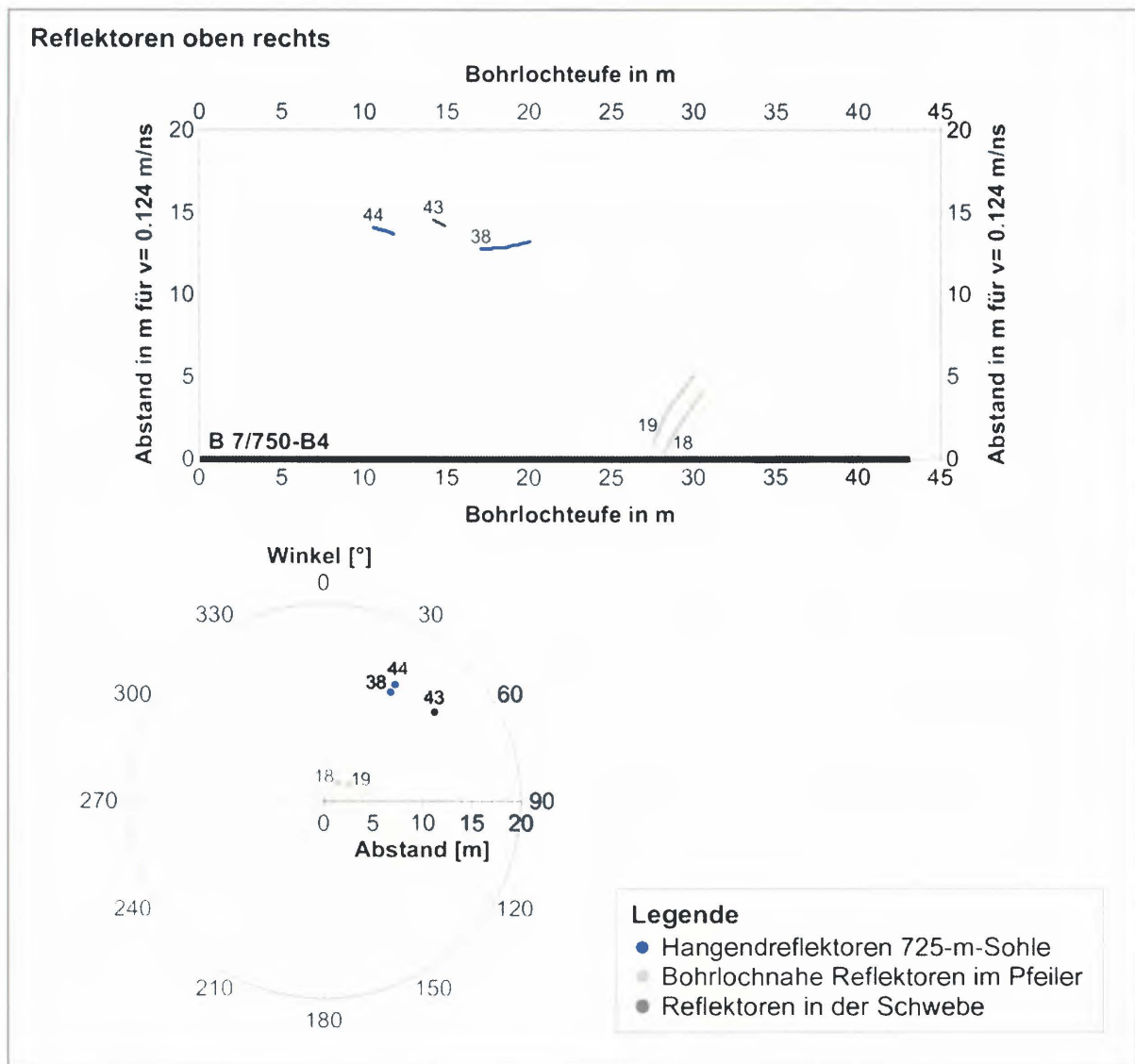


Abbildung 14: 2D-Darstellung der Reflektoren aus dem Hangenden rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

ASSE

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 30
---	-----------

5.3 3D-Visualisierung der Ergebnisse

Neben der Darstellung von Radarergebnissen in zweidimensionalen Profilschnitten ist durch die eindeutige Erfassung der Raumkoordinaten von Reflektoren mit der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde auch eine räumliche Darstellung der Ergebnisdaten möglich. Die Betrachtung der Ergebnisse im dreidimensionalen Raum unterstützt die räumliche Vorstellungskraft des menschlichen Gehirns und verbessert dadurch die Anschaulichkeit der Messergebnisse. Insbesondere können durch diese Darstellungsweise die relative Lage und die Entfernungen verschiedener Strukturen zueinander besser verstanden werden. Durch die gemeinsame Darstellung der Ergebnisse von mehreren Messungen zum Beispiel aus unterschiedlichen Bohrlöchern beziehungsweise Positionen kann überdies die räumliche Ausdehnung von Objekten und Strukturen erfasst werden. Die berechneten Raumkoordinaten der ermittelten Reflektoren können beispielsweise mit einer Demo-Version des Visualisierungsprogramms Voxler (Golden Software) im dreidimensionalen Raum betrachtet werden.

Zur Erläuterung der Ergebnisse werden im Folgenden verschiedene Ansichten der 3D-Darstellung gezeigt. Zur Orientierung sind bedeutende Grubengebäude in der Darstellung schematisch skizziert (Abbildung 15). Die einzelnen Bauwerke lassen sich anhand ihrer Farbgebung unterscheiden. Die Einlagerungskammer 7/750 ist in roter Farbe dargestellt. Weitere Bauwerke sind das Verschlussbauwerk (orange), sowie die davor gelagerte Einhausung (gelb), von der aus die Erkundungsbohrungen B 7/750-B1, B 7/750-B1.2 und B 7/750-B4 erstellt und untersucht wurden. Unterhalb des Verschlussbauwerks befindet sich die südliche Richtstrecke (grün).

Im Hangenden der Einlagerungskammer 7/750 ist zudem in den folgenden Abbildungen der Abbau 8/725 skizziert (blau). Direkt oberhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 befindet sich die Verbindungsstrecke Rolloch R5 der 725-m-Sohle (hellblau). Weitere Verbindungsstrecken zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 (schwarz) verlaufen unterhalb der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (magenta). Auf der ersten Profilhälfte befindet sich die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 oberhalb des östlichen Querschlags (grau).

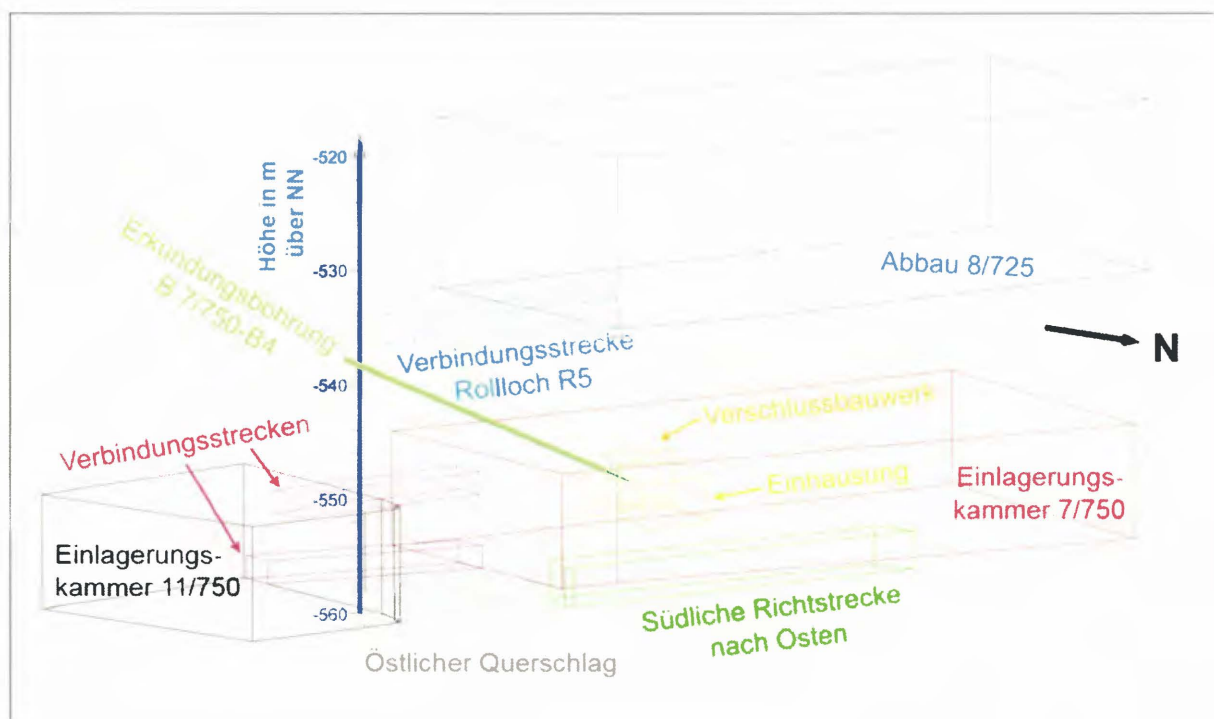


Abbildung 15: 3D-Skizze des Grubengebäudes um Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Blick von Nord-Nordost

Grundsätzlich sollte die Betrachtung und Interpretation von Ergebnisdaten mit hinterlegten 3D-Koordinaten in entsprechenden 3D-Visualisierungsprogrammen (z. B. Voxler) erfolgen, um eine

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.	ASSE
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00	

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar
Blatt: 31

bestmögliche Auswertung aller enthaltenen Informationen zulassen zu können. Derartige Programme ermöglichen durch die Änderung der Betrachtungsperspektive insbesondere die Individualisierung der Ergebnisansicht unter verschiedenartigen Kriterien, z. B. aus Sicht der Geotechnik.

In den folgenden Abbildungen 16 bis 20 werden die Ergebnisse der Messung mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar in dreidimensionaler Ansicht gezeigt. Die Radarreflektoren sind in grün dargestellt und entsprechend ihrer Nummerierung gekennzeichnet. Die Reflektoren werden in den Abbildungen in unterschiedlichen Ansichten gezeigt, um den individuellen Verlauf nachvollziehen zu können.

5.3.1 3D-Ansicht von Reflektoren aus dem Hangenden

In Abbildung 16 werden nur Reflektoren aus dem Hangenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 gezeigt. Insgesamt wurden 8 Reflektoren aus den Bereichen der 725-m-Sohle und der 700-m-Sohle geortet. Mit den Reflektoren 38 und 44 konnte anscheinend die Sohle der Abbaukammer 8/725 im Übergangsbereich zwischen Sohle und Stoß registriert werden. In den Ergebnisberichten der vorangegangenen Messungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar in den Erkundungsbohrungen B 7/750-B1.2 /1/ und B 7/750-B1 /2/ konnte gezeigt werden, dass die Sohle von Abbau 8/725 eine leicht gewölbte Form aufweist. Der prinzipielle Verlauf der Sohle konnte mit den Reflektoren 38 und 44 bestätigt werden.

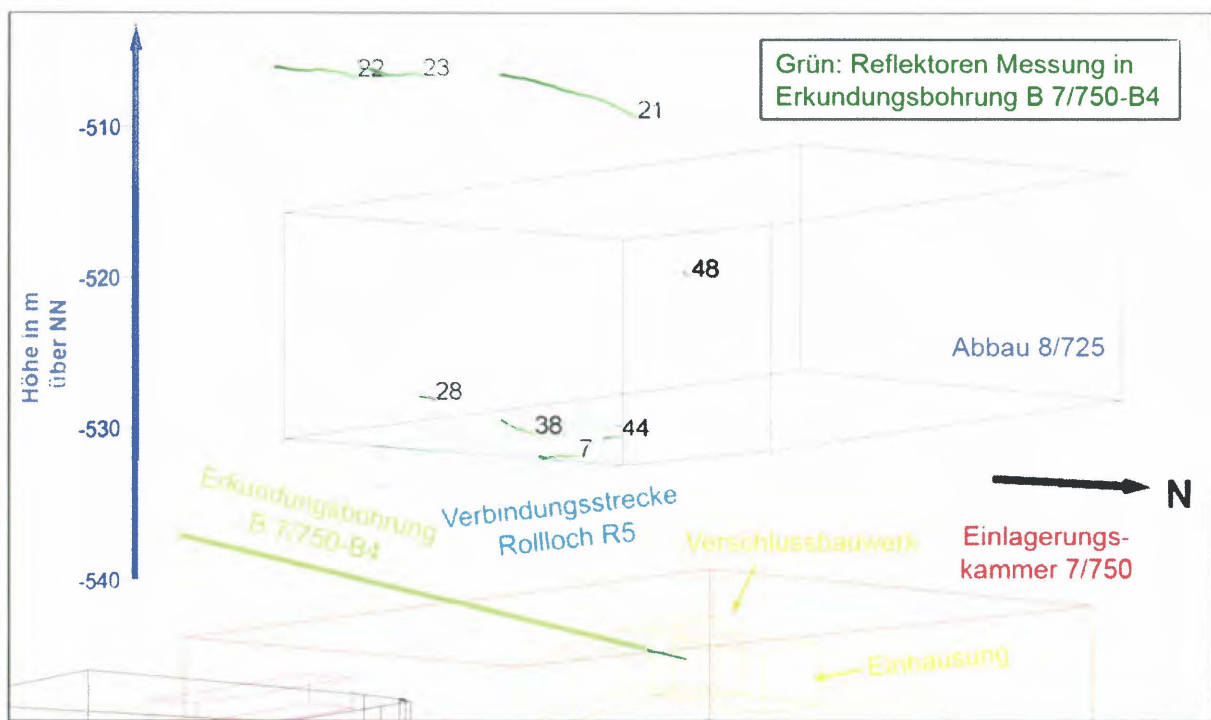


Abbildung 16: 3D-Ansicht der Reflektoren aus dem Hangenden. Blick von Nord-Ost

Reflektor 7 stellt vermutlich die Sohle der Verbindungsstrecke Rolloch R5 zwischen Abbau 8/725 und 9/725 dar. Die Sohle von Rolloch R5 wurde etwa 1,00 m oberhalb des Sohlniveaus der 725-m-Sohle registriert. Mit der Radarerkundung konnte somit also die Lage des Rollochs R5 korrigiert werden. Die Hangendreflektoren 21 bis 23 liegen im Sohlniveau der 700-m-Sohle. Diese Reflektoren bilden vermutlich die Sohle von Abbau 16/700. Analog zur Sohle von Abbau 8/725 bilden die Reflektoren von Abbau 16/700 eine gebogene Struktur, die ein Hinweis auf eine gewölbte Form der Sohle von Abbau 16/700 sein kann.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

5.3.2 3D-Ansicht von Reflektoren aus dem Bereich der Einlagerungskammer 11/750

Im Bereich der Einlagerungskammer 11/750 wurden insgesamt fünf Reflektoren registriert (Abbildung 17). Mit den Reflektoren 13 und 42 wird vermutlich der Übergangsbereich zwischen Stoß und Firse der Einlagerungskammer abgebildet. Die detektierte Struktur hat einen größeren Abstand zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 als anhand der Grubenpläne zu erwarten wäre. Die weiteren Reflektoren 14, 41 und 45 stellen Detailinformationen aus dem Inneren der Einlagerungskammer 11/750 dar.

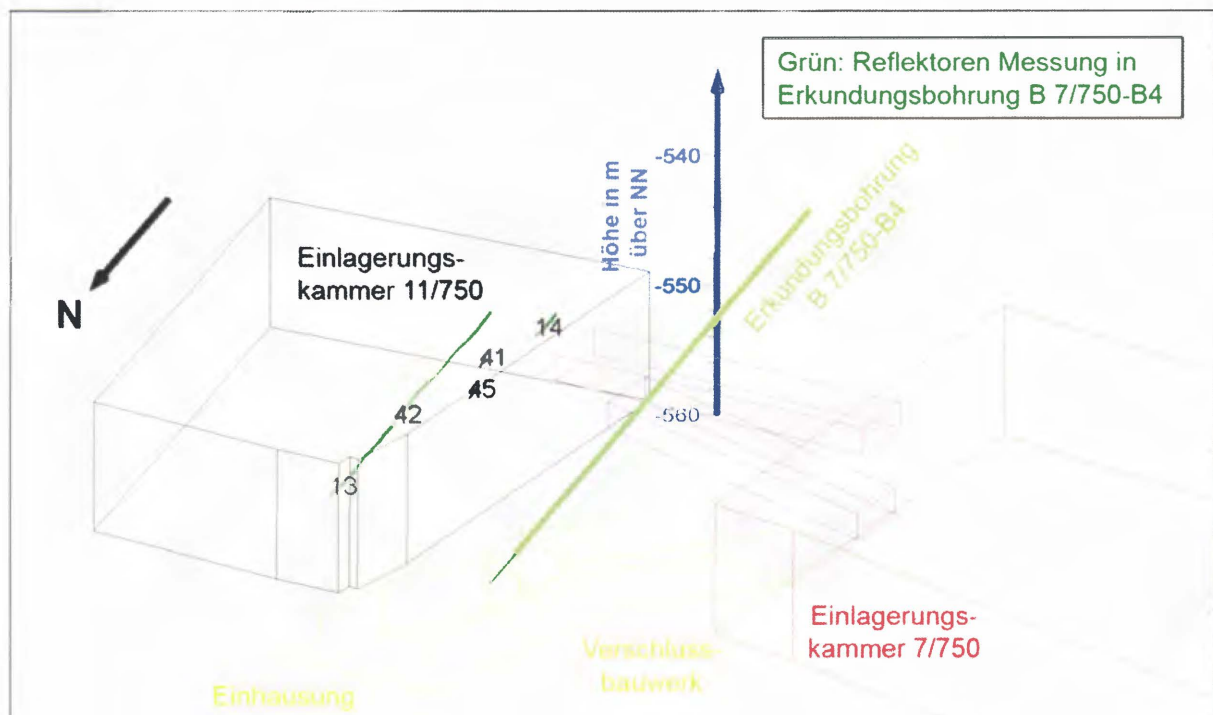


Abbildung 17: 3D-Ansicht der Reflektoren von Einlagerungskammer 11/750. Blick von Nord-West

5.3.3 3D-Ansicht von Reflektoren der Kammerzugänge und Richtstrecken auf der 750-m-Sohle

Die Darstellung in Abbildung 18 zeigt die Reflektoren, die den Kammerzugängen oder der Richtstrecke auf der 750-m-Sohle zugeordnet werden können. Reflektor 8 stellt die Firse einer Strecke dar und wurde im Übergangsbereich zwischen der südlichen Richtstrecke nach Osten und dem östlichen Querschlag registriert. Die Firse zeigt eine gewölbte Kontur. Etwas versetzt wurde ein weiterer Reflektor (9) detektiert. Reflektor 37 stammt aus dem Inneren des östlichen Querschlags.

Auch die Verbindungsstrecken zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 konnten mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar geortet werden. Die Firse der oberen Verbindungsstrecke wurde an drei Positionen registriert (10, 26, 30). Reflektor 12 wurde als Firse der unteren Verbindungsstrecke interpretiert. Die Radardaten deuten darauf hin, dass die untere Verbindungsstrecke etwa 7,00 m weiter nördlich verläuft. Sowohl Reflektor 10, als auch Reflektor 12 zeigen eine gewölbte Struktur.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Blatt: 33

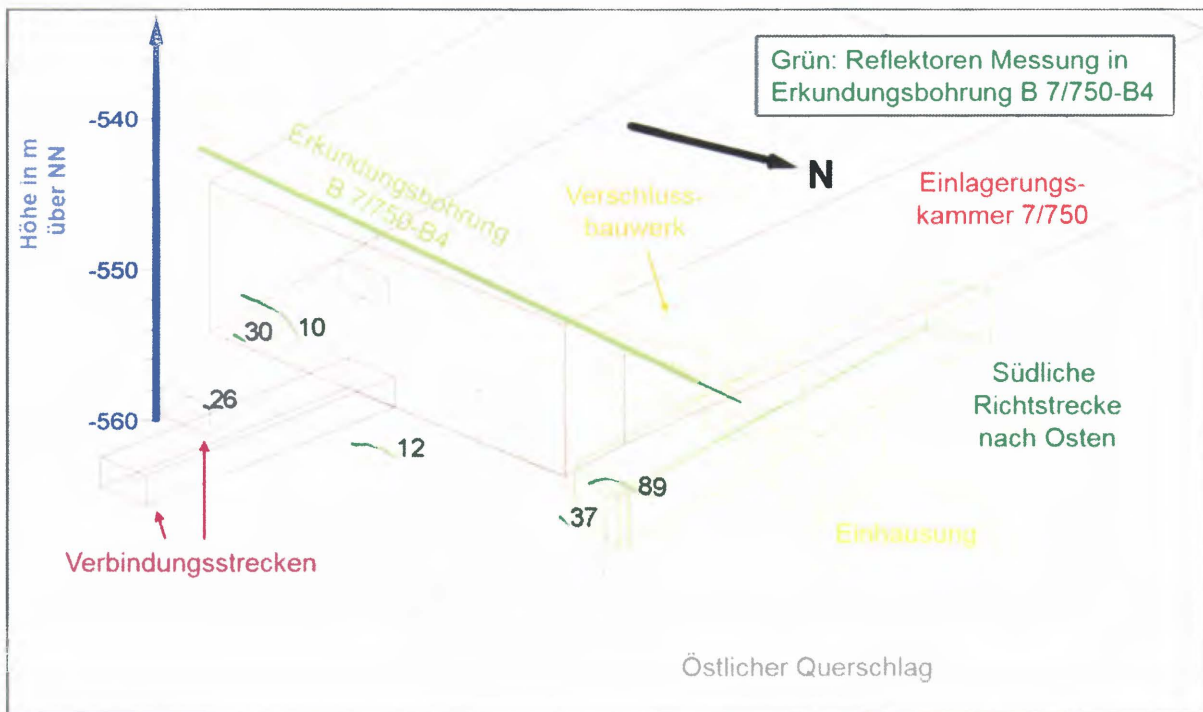


Abbildung 18: 3D-Ansicht der Reflektoren der Kammerzugänge und Richtstrecken der 750-m-Sohle. Blick von Nord-Ost

5.3.4 3D-Ansicht von Reflektoren des Verschlussbauwerks und der Einlagerungskammer 7/750

Im Bereich des Verschlussbauwerks und der vermuteten Lage der Einlagerungskammer 7/750 wurden zahlreiche Reflektoren detektiert (Abbildung 19). Das Verschlussbauwerk zeichnet sich am Profilanfang zunächst durch Reflektor 1 ab. An diesen Reflektor schließt sich Richtung Süden Reflektor 2 an. Auffällig im Radargramm in Abbildung 3 ist, dass die Reflektoren eine unterschiedliche Signatur aufweisen. Reflektor 1 ist deutlich amplitudenstärker als Reflektor 2, was darauf hindeutet, dass für die Reflektoren unterschiedlichen Reflexionsbedingungen galten. Dies lässt Rückschlüsse auf unterschiedliche Eigenschaften der reflektierenden Flächen zu.

Die Lage des Verschlussbauwerkes ist anhand von Grubenplänen bekannt. Die Position von Reflektor 1 stimmt gut mit der Lage des Stoßes des Verschlussbauwerkes überein. Somit konnte die Lage des östlichen Stoßes auf der nördlichen Hälfte des Verschlussbauwerkes bestätigt werden. Mit Reflektor 2 wurde vermutlich der Übergang zwischen Stoß und Firste des Verschlussbauwerkes geortet. Hier befindet sich das Bauwerk etwas westlicher, als anhand der Grubenpläne zu vermuten wäre.

Die daran anschließenden Reflektoren 2 bis 5 und 39 stellen vermutlich die Abgrenzung von Einlagerungskammer 7/750 zum umgebenen Gestein dar. Es wurden zwei parallele Strukturen geortet (3, 4, 5), die im Übergangsbereich zwischen Stoß und Firste der Einlagerungskammer 7/750 registriert wurden.

Reflektor 6 kann vermutlich dem Übergang der Sohle des Verschlussbauwerkes in die Einlagerungskammer 7/750 zugeordnet werden. Reflektor 39 stammt aus dem Bereich, in dem die obere Verbindungsstrecke zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 auf die Einlagerungskammer 7/750 trifft. Ein weiterer Reflektor tritt am Übergang zwischen Einhausung und Verschlussbauwerk auf (33). Mit Reflektor 32 wurde vermutlich eine Erkundungsbohrung geortet. Anhand der Lage kann die Bohrung nicht eindeutig identifiziert werden. Es handelt sich vermutlich entweder um Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 oder B 7/750-B1.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NNAA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

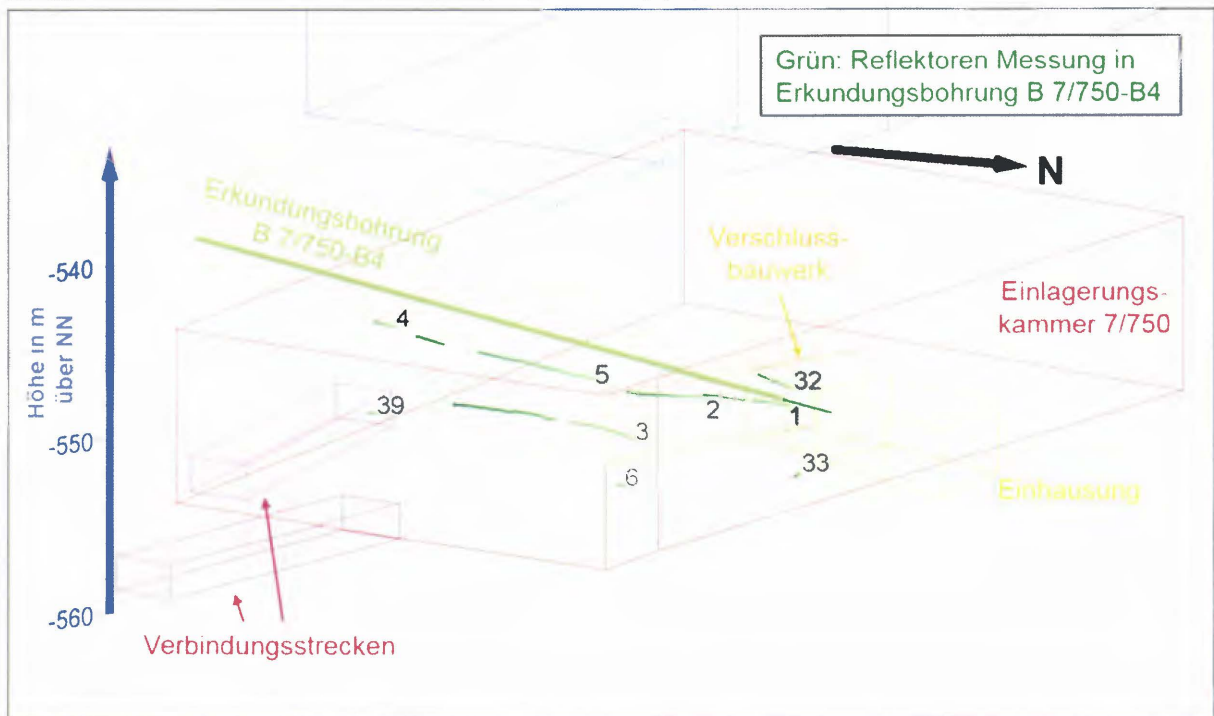


Abbildung 19: 3D-Ansicht der Reflektoren von Einlagerungskammer 7/750. Blick von Nord-Ost

5.3.5 3D-Ansicht von Reflektoren aus dem Pfeiler und der Schweb

Abbildung 20 zeigt Reflektoren, die nicht direkt den Grubenbauen zugeordnet werden können. Im Nahbereich der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden insgesamt acht Reflektoren geortet, die dem inneren Aufbau des Pfeilers zugeordnet werden können. Diese Reflektoren können geologischen Schichtgrenzen oder Trennflächenstrukturen zugeordnet werden. Auf einem Teilbereich der ersten Profilhälfte konnte Reflektor 20 über mehrere Meter registriert werden. Der Reflektor befindet sich links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (Osten) und entfernt sich mit zunehmender Bohrlochteufe.

Auf der zweiten Profilhälfte zeigt sich in der dreidimensionalen Ansicht eine Struktur aus vier parallelen Reflektoren, die die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 schneiden. Zwei der Reflektoren laufen mit der Bohrlochteufe auf die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 von unten links zu (16, 17). Der weitere Verlauf der Struktur lässt sich anhand der Reflektoren 18 und 19 weiter verfolgen. Die beiden Reflektoren entfernen sich mit der Bohrlochteufe nach oben rechts von Erkundungsbohrung B 7/750-B4. Wie bereits in Kapitel 5.2.4 beschrieben, wurde hier vermutlich eine Kluffstruktur innerhalb des Pfeilers detektiert.

Insgesamt drei kleinräumige Strukturen wurden oben links von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 geortet (15, 29, 31). Auch aus dem Bereich der Schweb zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725 wurde ein Reflektor geortet. Reflektor 27 befindet sich im unmittelbaren Bereich zwischen den Erkundungsbohrungen 7/750 und 11/750. Aufgrund der Signalcharakteristik ist davon auszugehen, dass mit dem Reflektor keine Erkundungsbohrung geortet wurde. Mit Reflektor 27 wurde vermutlich die gewölbte Firstkontur der Einlagerungskammer 7/750 oder eine Trennfläche innerhalb der Schweb oberhalb der Einlagerungskammer geortet.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00

ASSE

Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar

Blatt: 35

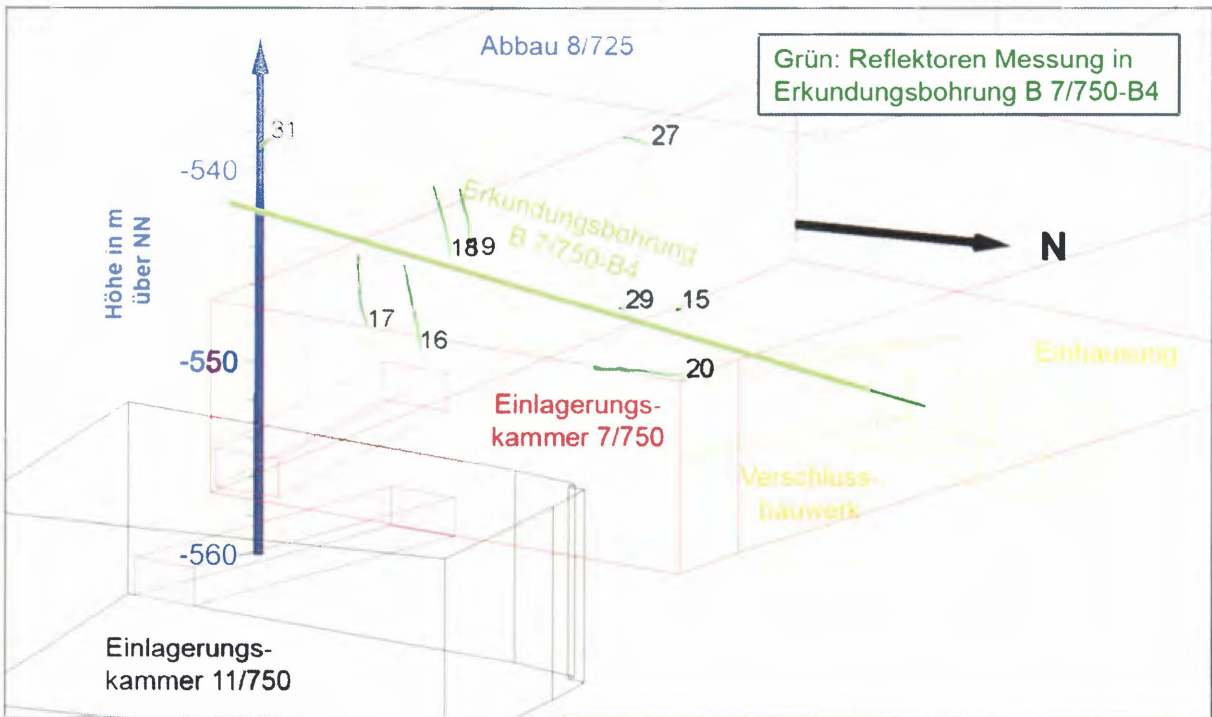



Abbildung 20: 3D-Ansicht der Reflektoren im Pfeiler bzw. aus dem Bereich der Schwebel. Blick von Nord-Ost

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 36
---	-----------

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen der Faktenerhebung auf der Schachanlage Asse II wurden aus der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 heraus Reflexionsmessungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar durchgeführt. Ziel der Messungen war die Lokalisierung des Stoßes der Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 sowie die Erkundung des Zustands des Pfeilers zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und dem 11/750. Zudem sollten Aussagen über mögliche Reflexionen aus dem Inneren der Einlagerungskammer 7/750 getroffen werden.

Durch eine Adaption der Sonde an das Bohrgestänge konnte die Messung bei geschlossenem Preventerstack durchgeführt werden. Um eine richtungsabhängige Ankopplung der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde an das umliegende Salzgestein zu vermeiden, wurde die Sonde durch die Installation von Abstandshaltern am Gestänge und an der Sonde in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zentriert.

Zur Abschätzung der Winkelgenauigkeit wurden an mehreren Positionen Drehmessungen vorgenommen. Es wurde eine Toleranz der errechneten Einfallswinkel von maximal 3% (10°) ermittelt, was im Entfernungsbereich des Firstverlaufs der Einlagerungskammer 7/750 einer seitlichen Toleranz der Ortungspositionen von etwa 1,70 m entspricht.

Anhand der Messungen mit der richtungssensitiven 3D-Bohrlochradarsonde konnten insgesamt 51 Reflektoren bis zu einem Abstand von etwa 70,00 m von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 identifiziert werden. Hinsichtlich der Zielstellung dieses Projektes wurde der Auswertebereich auf den tatsächlich interessierenden Bereich um die Erkundungsbohrung B 7/750-B4 herum beschränkt.


Im Hangenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 konnte die Sohle von Abbau 8/725 im Übergangsbereich zwischen Sohle und Stoß an zwei Stellen detektiert werden. Auch bildete sich in den Messdaten die Verbindungsstrecke zwischen Abbau 8/725 und 9/725 ab. In einem größeren Abstand zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurde die Sohle von Abbau 16/700 über das gesamte Messprofil geortet. Die Sohle zeigte – ähnlich wie die Sohle von Abbau 8/725 – eine gewölbte Struktur.

Der Stoß der Einlagerungskammer 11/750 konnte über einen großen Bereich detektiert werden. Er zeichnet sich in den Daten in einem größeren Abstand von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 ab, als anhand von Grubenplänen zu vermuten war. Im Liegenden der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 konnten die beiden Verbindungsstrecken zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 lokalisiert und zum Teil in ihrer Lage korrigiert werden. Auf der ersten Profilhälfte konnte zudem die Firste der südlichen Richtstrecke nach Osten im Bereich des Übergangs zum östlichen Querschlag geortet und in der Lage verifiziert werden.

Das Verschlussbauwerk konnte von der Einhausung aus bis zur Einlagerungskammer 7/750 detektiert werden. Zum Teil musste die Lage des Verschlussbauwerkes mit diesen Informationen korrigiert werden. Der Stoß der Einlagerungskammer 7/750 wurde auf zwei parallelen Reflexionsstrukturen detektiert. Rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 zeigen die Messdaten einen größeren Bereich mit zahlreichen Diffraktionen. Diese Diffraktionen werden durch kleinräumige Strukturen verursacht. Die Interpretation der Daten führt zu zwei möglichen Schlussfolgerungen. Entweder zeigt die Schwebelage an dieser Stelle einen Auflockerungsbereich oder mit den Messdaten wurden Detailinformationen aus dem Inneren der Einlagerungskammer 7/750 gewonnen. Ähnliche Diffraktionsbereiche wurden bei den Messungen in den in der Schwebelage verlaufenden Erkundungsbohrungen B 7/750-B1.2 /1/ und B 7/750-B1 /2/ beobachtet.

Im Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern 7/750 und 11/750 konnten zahlreiche Reflektoren nachgewiesen werden, die durch geologische Schichtgrenzen, Trennflächen oder Klüfte verursacht werden können. Anhand von vier Reflektoren konnte der Verlauf einer Klüftstruktur bestehend aus

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 37
---	-----------

mindestens 4 Klüften bis in einem Abstand von etwa 5,00 m zur Erkundungsbohrung B 7/750-B4 verfolgt werden.

7 Mitgeltende Dokumente

- /1/ Ergebnisbericht Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750, Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar
BfS-KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0075/xx
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/BW/0004/xx

- /2/ Ergebnisbericht Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750, Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/BW/0009/xx


- /3/ Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 auf der 750-m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750
Asse-KZL: 9A/55110000/SON/HF/BW/0006/xx

- /4/ DMT GmbH & Co. KG, Faktenerhebung Schritt 1 - Optischer Bohrlochscan mit Auswertung des Klufsystems und Totalmagnetfeldmessung 1:10.
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/TC/0045/xx

8 Literaturverzeichnis

- [1] Annan A.P., Davis J.L., Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil- and rock stratigraphy, 1989, Geophysical Prospecting, 37, S. 531-551.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 38
---	-----------

Anhang 1 Drehmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4

In der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 wurden an vordefinierten Messstufen Drehmessungen durchgeführt. Mit den Drehmessungen sollten Aussagen über die Genauigkeit der erfassten Einfallswinkel der Reflexionen getroffen werden.

Bei einer Drehmessung werden mehrere Punktmessungen in derselben Bohrlochteufe vorgenommen. Jeder Messpunkt wird mit veränderter radialer Orientierung der Sonde aufgezeichnet. Die Sonde wird dabei in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 um die eigene Längsachse gedreht. So kann die Variation der ermittelten Einfallswinkel einer Reflexion in Abhängigkeit von der Sondenorientierung untersucht werden. Diese Winkelangabe muss theoretisch konstant bleiben, da der Ort des Reflektors sich nicht ändert. Seine Variation liefert demnach ein Maß für die Genauigkeit der Winkelbestimmung.

Die Drehmessungen wurden – analog zur Profilmessung – mit zentrierter Sonde durchgeführt. An zwei verschiedenen Teufen, 33,00 m (Messprofil DRA) und 13,00 m (Messprofil DRB) wurden Drehmessungen durchgeführt. Die Sonde wurde jeweils um etwa 30° gedreht und eine volle Umdrehung pro Teufe vorgenommen (360°).

Die Abbildungen 21 und 22 stellen die Ergebnisse der Messungen DRA und DRB grafisch dar. Am rechten Rand des jeweiligen Ergebnisdiagramms sind zusätzlich die Mittelwerte mit den zugehörigen Fehlern (als vertikaler Balken) eingezeichnet. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse in Tabellenform.

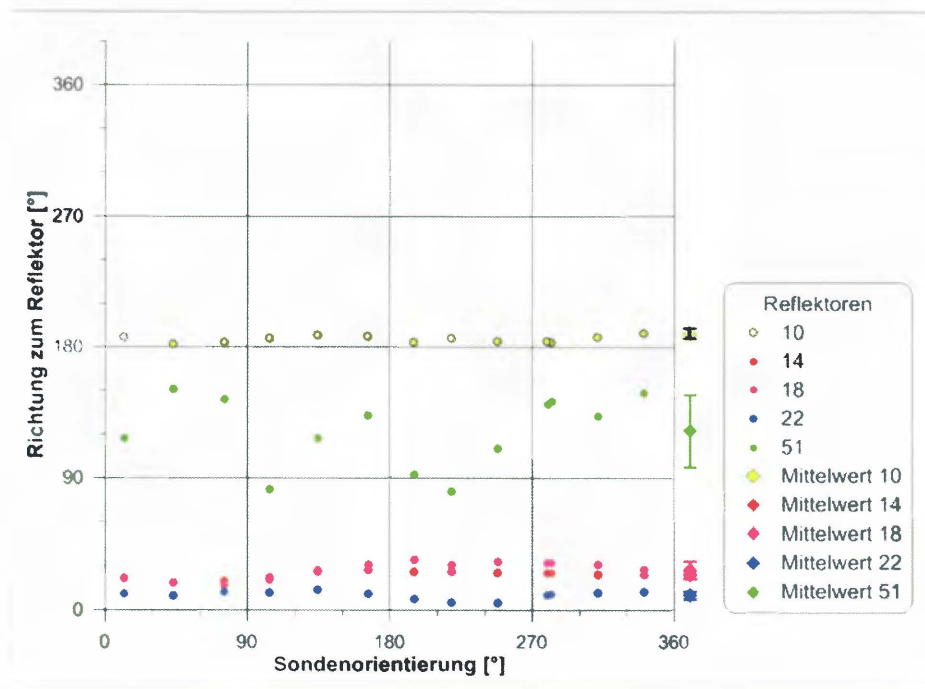


Abbildung 21: Ergebnisse der Drehmessung DRA bei 33,00 m (zentriert)

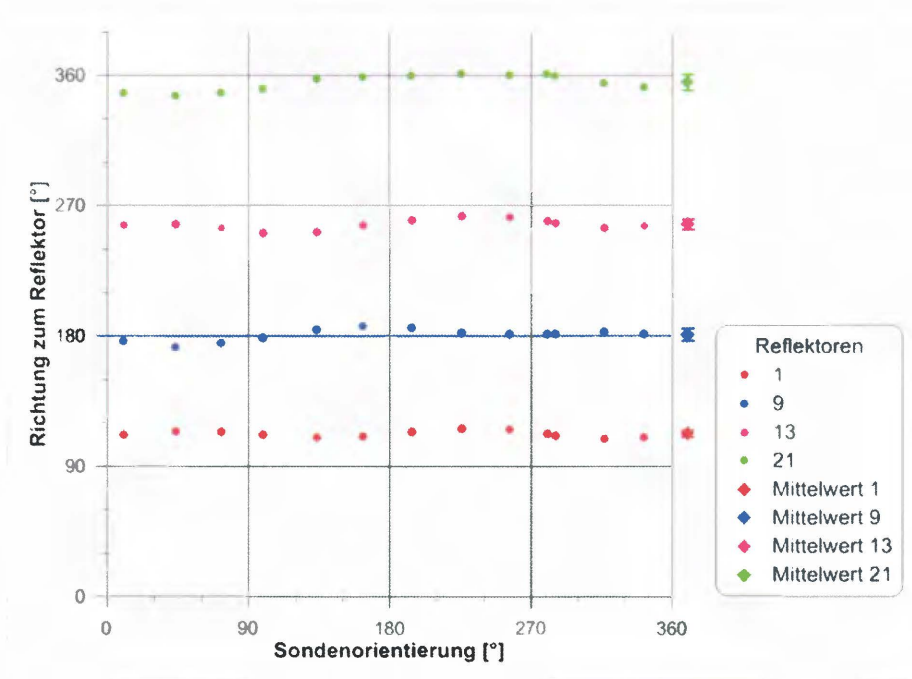


Abbildung 22: Ergebnisse der Drehmessung DRB bei 13,00 m (zentriert)

Analog zu den Ergebnissen der Drehmessungen in den Erkundungsbohrungen B 7/750-B1.2 /1/ und B 7/750-B1 /2/ zeigt sich ein Sinus-ähnlicher Verlauf der ermittelten Winkelwerte über die Drehung der Sonde. Dieser Verlauf ist für die einzelnen Reflexionen unterschiedlich stark ausgeprägt. Die meisten Reflexionen zeigen eine geringe Schwankung der Winkelwerte um einen Mittelwert. Auffällig in Abbildung 21 ist die starke Schwankung der Winkelwerte von Reflexion 51. Diese Reflexion wird im Folgenden gesondert betrachtet.


Tabelle 1: Ergebnisse der Drehmessungen DRA und DRB (zentriert)

Bezeichnung	Reflektor Nr.	Winkel [°]	Standardabweichung [°]	Maximale Abweichung [°]
DRA	10	185,4	2,3	3,8
DRA	14	24,2	2,8	5,6
DRA	18	27,7	5,9	10,7
DRA	22	10,3	2,7	5,0
DRA	51	122,4	24,8	41,9
DRB	1	112,3	2,2	3,9
DRB	9	180,8	4,1	8,2
DRB	13	256,7	3,5	5,9
DRB	21	355,1	5,5	9,1

Die bei den übrigen Reflexionen ermittelten Standardabweichungen der registrierten Winkelwerte variieren zwischen 2,2° und 5,9°. Für die maximalen Abweichungen vom Mittelwert wurden Werte von 3,8° bis 10,7° bestimmt. Die mittlere Maximalabweichung dieser Reflexionen liegt bei 6,5°. Für Reflexion 51 wurde eine sehr hohe Standardabweichung von 24,8° festgestellt. Die betragsmäßig maximale Abweichung der einzelnen Winkelwerte vom Mittelwert beträgt für diese Reflexion 41,9°. Die hohe Winkelgenauigkeit dieser Reflexion wurde bereits im Rahmen der Datenauswertung der Profilmessung festgestellt und in Kapitel 5.1 beschrieben. Ursache der starken Winkelvariation ist vermutlich das geringe Signal-Rausch-Verhältnis von Reflexion 51 oder eine Überlagerung mit weiteren Reflexionen aus anderen Raumrichtungen.

Die Drehmessungen mit dem richtungssensitiven 3D-Bohrlochradar, die in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 durchgeführt wurden, bestätigten den als allgemeine Toleranz angegebenen Wert von

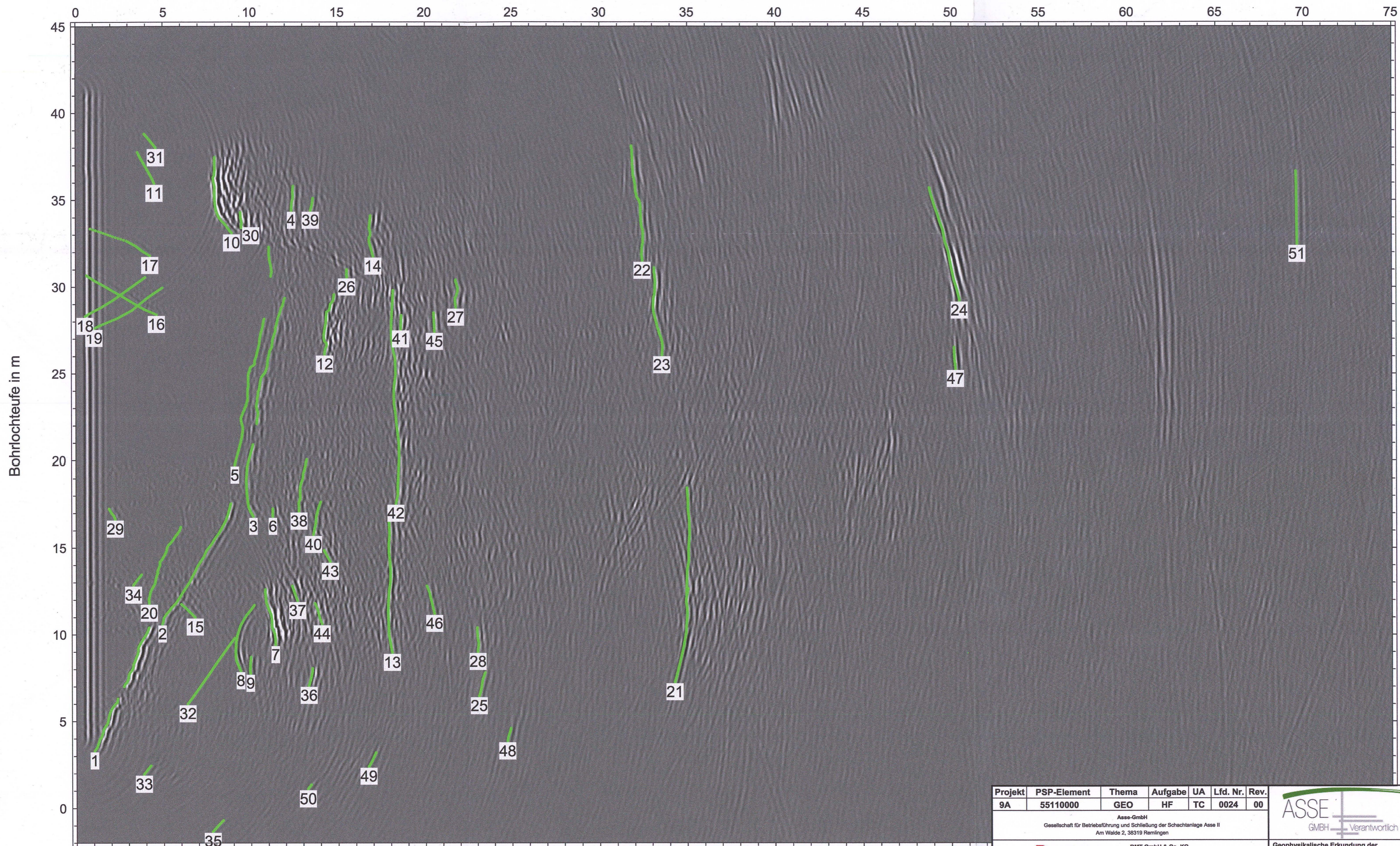
Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	GEO	HF	BW	0012	00



Faktenerhebung Schritt 1 - Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar	Blatt: 40
--	-----------

10° für die ermittelten Winkel. Eine höhere Ungenauigkeit einzelner Reflexionen kann bereits im Rahmen der Analyse festgestellt werden und wird in den Ergebnisdaten vermerkt.

Abstand der Reflektoren (migriert) in m für $v = 0,124 \text{ m/ns}$



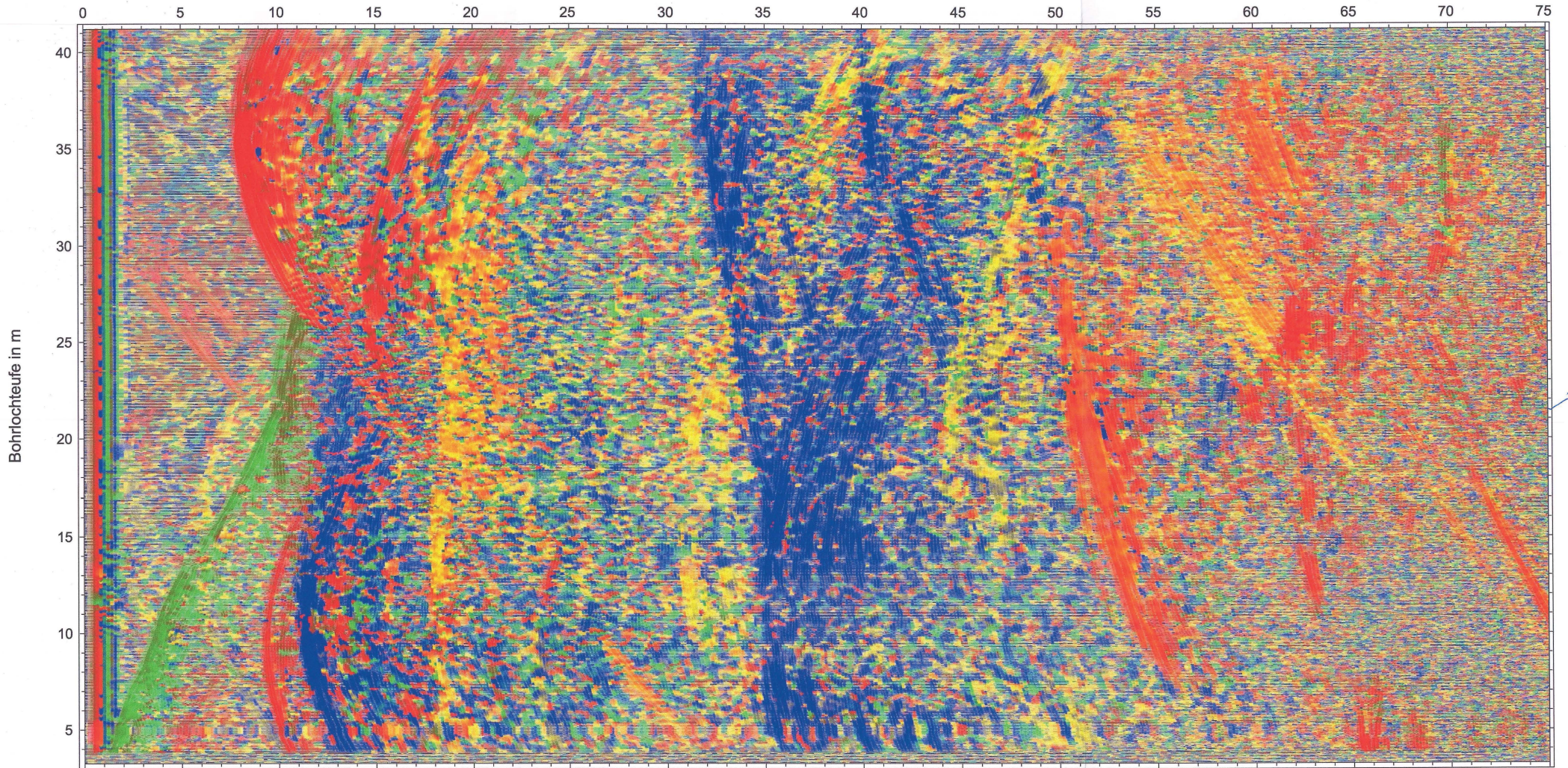
Bohrlochteufe in m

Legende:

20 Radarreflektor mit Reflektornummer

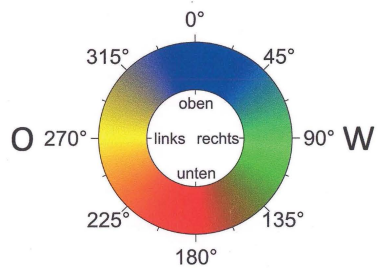
Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
9A	55110000	GEO	HF	TC	0024	00
<p style="text-align: center;">Asse-GmbH Gesellschaft für Betriebsführung und Schließung der Schachanlage Asse II Am Walde 2, 38319 Remlingen</p>						
<p style="text-align: center;">DMT DMT GmbH & Co. KG Geschäftsbereich Geo Engineering & Exploration Am Technologiepark 1 43007 Essen</p>						
<p style="text-align: right;">Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar</p>						
Erläuterung der Revision		Asse-GmbH bzw. Fremdfirma	Datum	Name	Unterschrift	
		Bearbeiter	23.11.2015			
		Zeichner	23.11.2015			
		Prüfer	07.12.2015			
		Asse-GmbH	Freigabe	17.05.17		
		Dateiname	Bericht-B4_Anlage-1_A2_Rev00.dwg			
		Blattgröße	A2			
		Maßstab	1:150			
<p style="text-align: right;">2D-Darstellung der ausgewerteten Reflektoren im Radargramm (migriert)</p>						
<p style="text-align: right;">Anlage 1 PT055089</p>						
<p style="text-align: right;">Blatt: 1 von: 1</p>						
<p style="text-align: right;">Basisunterlage :</p>						

Abstand der Reflexionen (unmigriert) in m für $v = 0,124 \text{ m/ns}$

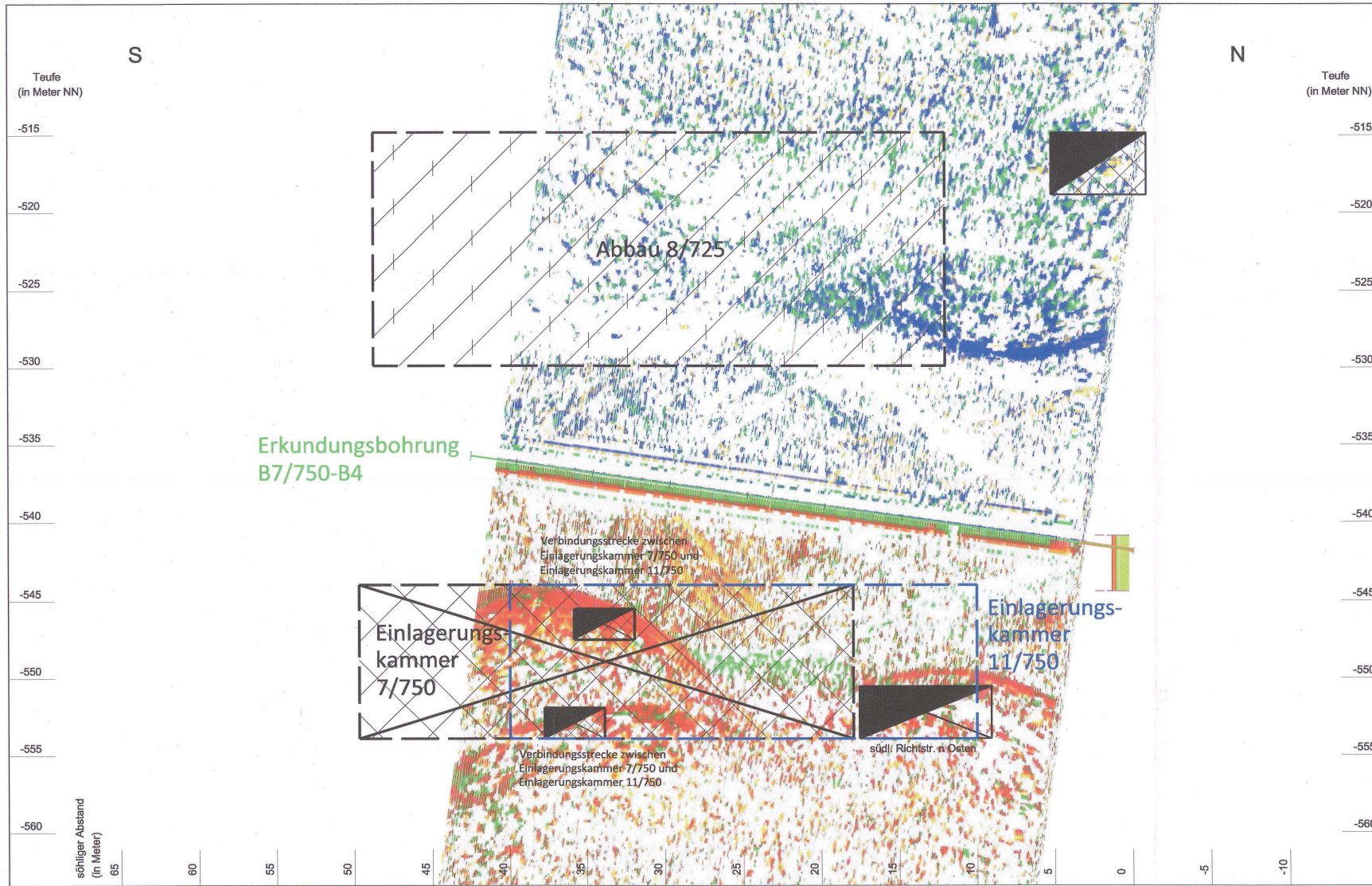


Legende:

Richtungskodierung der Radargramme



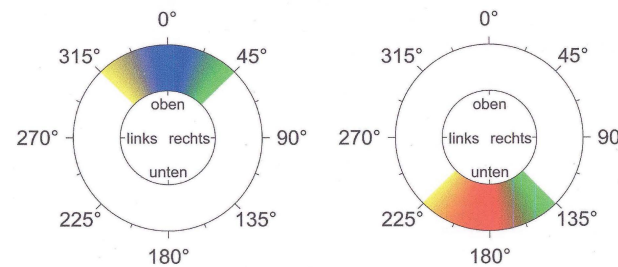
Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
9A	55110000	GEO	HF	TC	0025	00
Asse-GmbH Gesellschaft für Betrieb/Erzeugung und Schließung der Schichtanlage Asse II Am Walde 2, 38319 Ramlingen						
		DMT GmbH & Co. KG Geodätisches Ingenieurbüro Am Technologiepark 1 42097 Essen			Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7750-B4 - Richtungsensitives 3D-Bohrlochradar	
Erläuterung der Revision		Asse-GmbH bzw. Fremdfirma	Datum	Name	Unterschrift	
		Bearbeiter	23.11.2015			
		Zeichner	23.11.2015			
		Prüfer	07.12.2015			
		Asse-GmbH Freigabe				
		Dateiname	Bericht-B4_Anlage-2_A2_Nord01.dwg			
		Blattgröße	A2			
		Maßstab	1:150			
Anlage 2						Blatt: 1
Basisunterlage:						von: 1



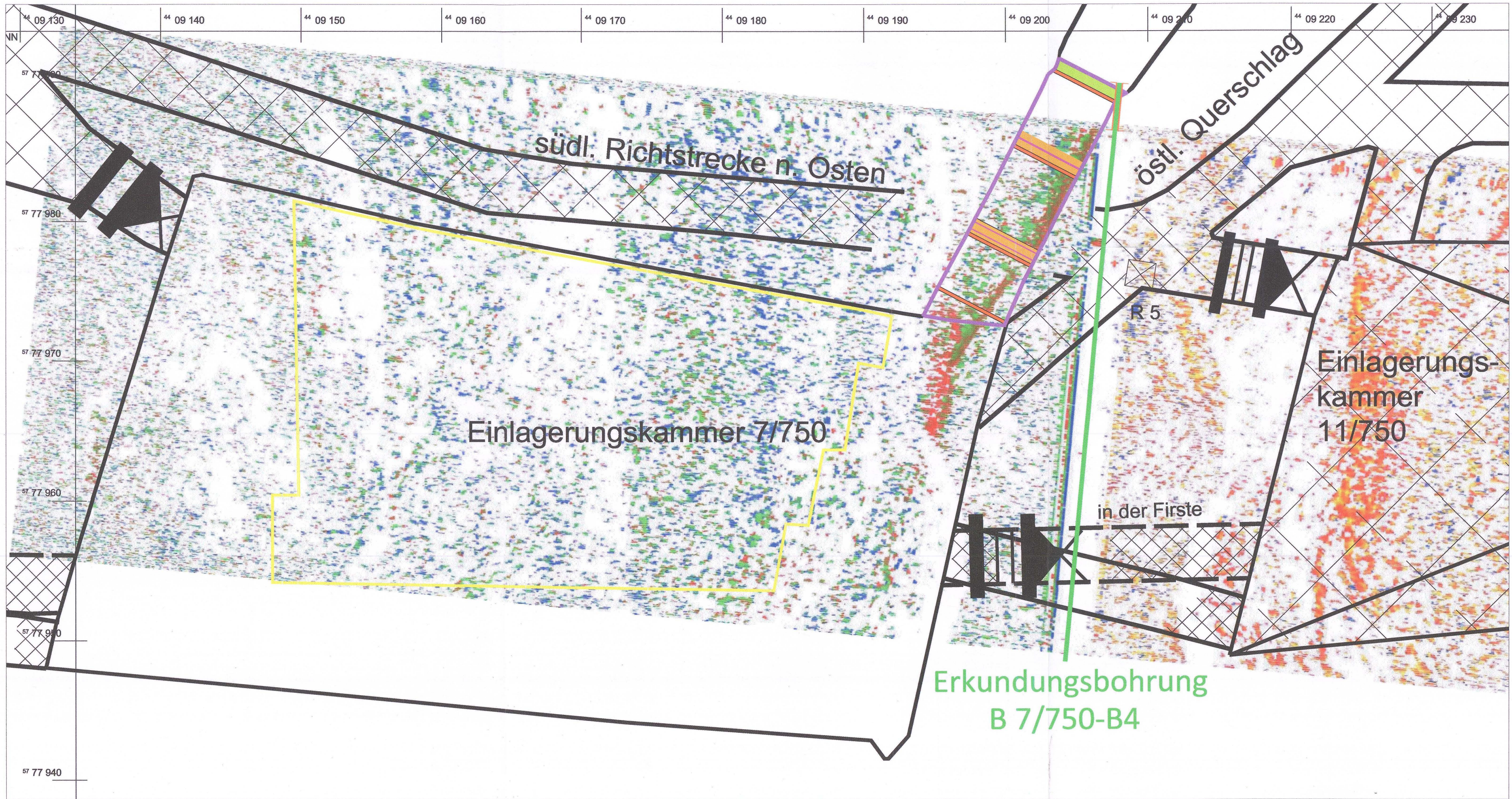
Legende:

- Bohrlochverlauf Erkundungsbohrungen
- Standrohr mit Flansch
- vorgesetzte Schalwand
- Ytong
- Asphaltplatten
- Bitumfuge
- Verschlussbauwerk
- Sturzversatz
- Blasversatz
- Einlagerungskammer verschlossen
- Projektion auf die Schnittfläche

Richtungskodierung der Radargramme:



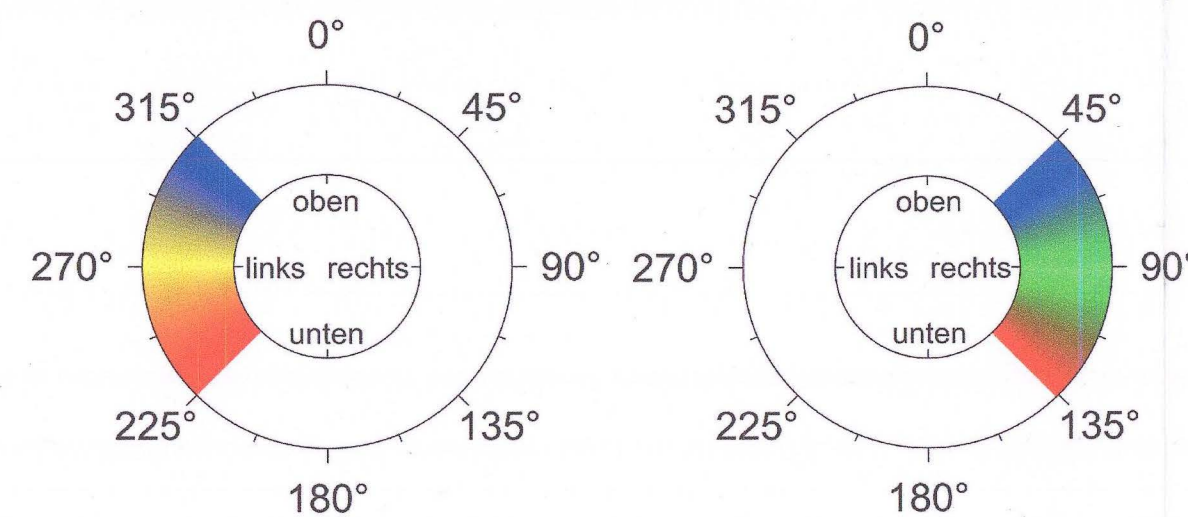
Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
9A	55110000	GEO	HF	TC	0026	00
Asse-GmbH Gesellschaft für Betriebsführung und Schließung der Schachtanlage Asse II Am Walde 2, 38319 Rantlingen						
DMT GmbH & Co. KG Gesellschaft für Geo-Engineering & Exploration Am Technopark 1 40207 Essen				Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7750-B4 - Richtungsensitives 3D-Bohrlochradar		
Erläuterung der Revision		Asse-GmbH bzw. Fremdfirma	Datum	Name	Unterschrift	
		Bearbeiter	23.11.2015			
		Zeichner	23.11.2015			
		Prüfer	07.12.2015			
		Asse-GmbH	Freigabe	<i>ROS-IT</i>		
		Dateiname	Bereich04_Anlage3_A2_Sch05.dwg			
		Blattgröße	A2			
		Maßstab	1:200			
Ebener Schnitt durch das Grubengebäude mit Radargrammen aus Messungen in der Erkundungsbohrung B 7750-B4 (vertikale Richtungen)						Blatt: 1
Anlage 3						von: 1
Basisunterlage:						



Legende:

- erstellte Bohrungen (Bohrlochverlauf)
- Standrohr mit Flansch
- vermuteter Lageplatz der VBA in der Einlagerungskammer 7/750
- Verschlussbauwerk vor der Einlagerungskammer 7/750
- Teilversatz
- Sturzversatz
- Blasversatz
- Einlagerungskammer ohne Versatz
- Einlagerungskammer mit Versatz
- Einlagerungskammer verschlossen
- vorgesetzte Schalwand (Teil des Verschlussbauwerks zur Einlagerungskammer 7/750)
- Ytong (Teil des Verschlussbauwerks zur Einlagerungskammer 7/750)
- Asphaltplatten (Teil des Verschlussbauwerks zur Einlagerungskammer 7/750)
- Bitumfuge (Teil des Verschlussbauwerks zur Einlagerungskammer 7/750)

Richtungskodierung der Radargramme:



Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
9A	55110000	GEO	HF	TC	0027	00
ASSE-GmbH Gesellschaft für Betriebsführung und Schließung der Schachanlage Asse II Am Wäldle 2, 38319 Remlingen						
DMT		DMT GmbH & Co. KG Geschäftsbereich Geo Engineering & Exploration Am Technologiepark 1 43007 Essen				
Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 - Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar						
Erfüherung der Revision	ASSE-GmbH bzw. Fremdfirma	Datum	Name	Unterschrift		
	Bearbeiter	23.11.2015				
	Zeichner	23.11.2015				
	Prüfer	07.12.2015				
	ASSE-GmbH	Freigabe	1705AF			
	Dateiname	Bericht-B4_Anlage-4_A2_Rev00.dwg				
	Blattgröße	A2				
	Maßstab	1:200				
Ebener Schnitt durch das Grubengebäude mit Radargrammen aus Messungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 (horizontale Richtungen)						
Anlage 4						Blatt: 1
Basisunterlage:						von: 1